

CAPACITOR MICROPHONE, METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME, AND ELECTRONIC EQUIPMENT

Publication number: JP2003163998
Publication date: 2003-06-06
Inventor: MATSUO TAKEHIDE
Applicant: SEIKO EPSON CORP
Classification:
 - international: **H04R19/04; H04R19/00; (IPC1-7): H04R19/04**
 - european:
Application number: JP20010361520 20011127
Priority number(s): JP20010361520 20011127

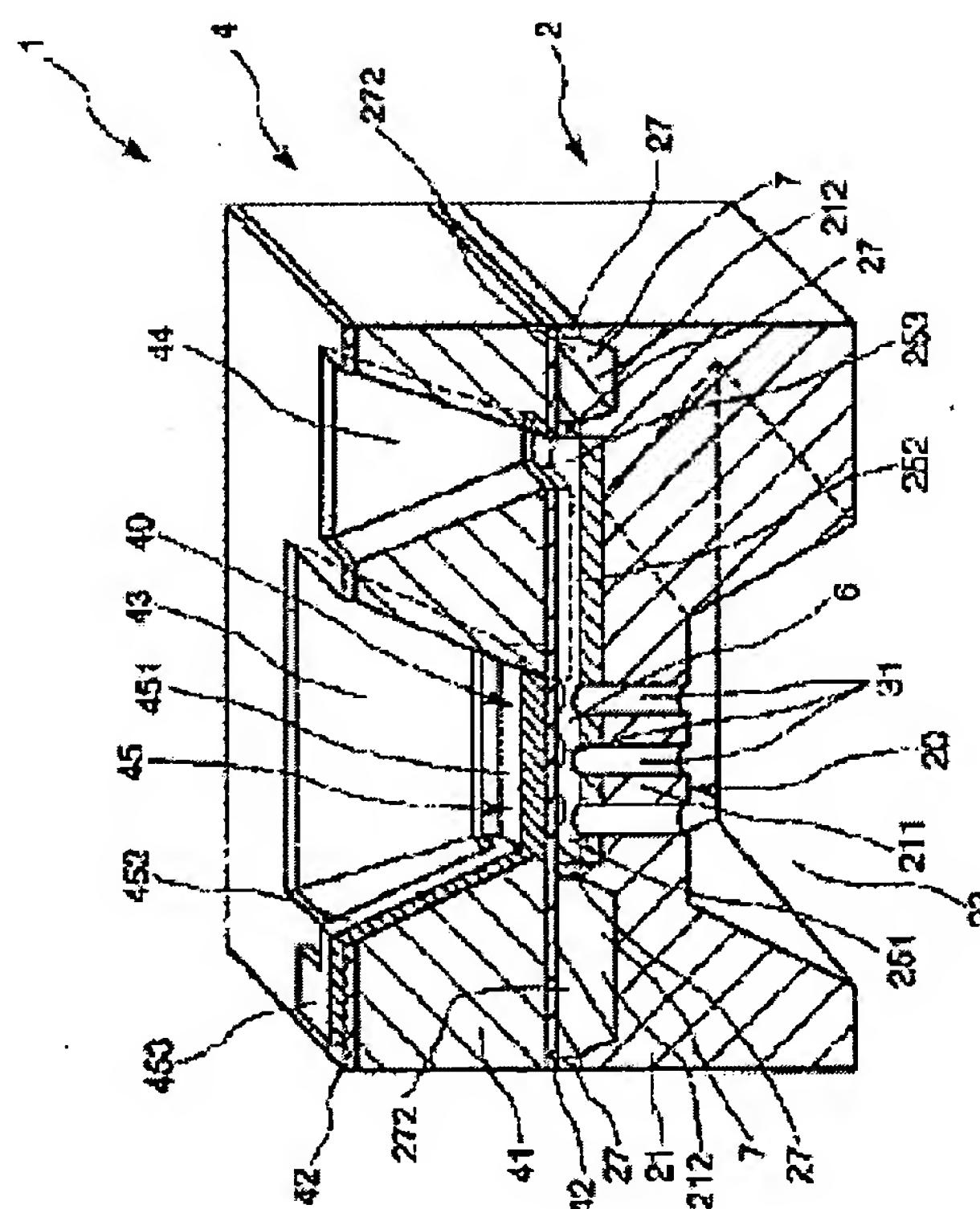
[Report a data error here](#)

Abstract of JP2003163998

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for manufacturing a capacitor microphone whose sensitivity can be improved, the capacitor microphone, and electronic equipment having the capacitor microphone.

SOLUTION: The capacitor microphone 1 is constituted by connecting a back plate board 2 to a diaphragm board 4 with resin. The back plate board 2 is provided with a first board 21, and the first board 21 is formed with an electrode 251 and a plurality of acoustic holes 31. A back plate 20 is constituted of the part formed with the electrode 251 and the acoustic holes 31. The diaphragm board 4 is provided with a second board 41, and the second board 41 is formed with a diaphragm 40 having an electrode 451 movable to the back plate 20. A hollow part (void) 6 is formed between the back plate 20 and the diaphragm 40, and a prescribed region other than the hollow part 6 is formed with a non-contact part 7 where the back plate board 2 and the diaphragm board 4 are brought into non-contact with each other.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

22

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-163998

(P2003-163998A)

(43) 公開日 平成15年6月6日(2003.6.6)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 4 R 19/04

識別記号

F I

H 0 4 R 19/04

テーマコード(参考)

5 D 0 2 1

審査請求 未請求 請求項の数38 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2001-361520(P2001-361520)

(22) 出願日 平成13年11月27日(2001.11.27)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 松尾 剛秀

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ

ーエプソン株式会社内

(74) 代理人 100091292

弁理士 増田 達哉 (外1名)

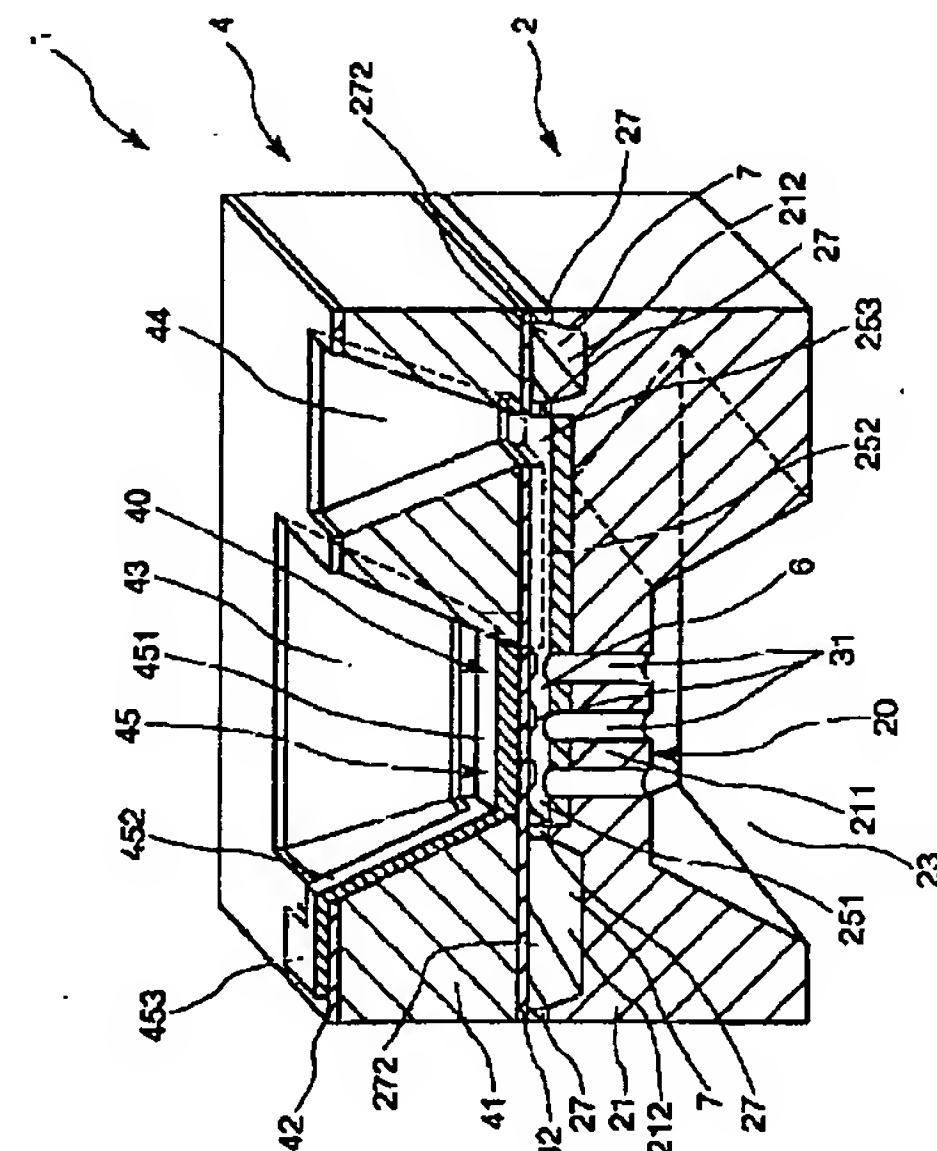
Fターム(参考) 5D021 CC18 CC20

(54) 【発明の名称】 コンデンサマイクロホンの製造方法、コンデンサマイクロホンおよび電子機器

(57) 【要約】

【課題】感度を向上させることができるコンデンサマイクロホンの製造方法、コンデンサマイクロホンおよびそのコンデンサマイクロホンを有する電子機器を提供する。

【解決手段】コンデンサマイクロホン1は、バックプレート基板2とダイヤフラム基板4とを樹脂で接合したものである。バックプレート基板2は、第1の基板21を有し、第1の基板21には、電極251および複数の音響ホール31が設けられている。この電極251および音響ホール31の設けられている部分がバックプレート20を構成する。ダイヤフラム基板4は、第2の基板41を有し、第2の基板41には、バックプレート20に対して可動の電極451を有するダイヤフラム40が設けられている。バックプレート20とダイヤフラム40の間には中空部(空隙)6が形成されており、中空部6以外の所定領域には、バックプレート基板2とダイヤフラム基板4とが非接触となる非接触部7が設けられている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の半導体基板に電極を形成するとともに、少なくとも1つの貫通孔を形成して、前記貫通孔および前記電極が設けられたバックプレートに有するバックプレート基板を製造する第1の工程と、

第2の半導体基板に、電極を有する可動のダイヤフラムを形成してダイヤフラム基板を製造する第2の工程と、前記バックプレートと前記ダイヤフラムとが空隙を介し対面してコンデンサを形成するとともに、前記空隙以外の領域に、前記バックプレート基板と前記ダイヤフラム基板とが非接触となる非接触部が形成されるように、前記バックプレート基板と前記ダイヤフラム基板とを接合する第3の工程とを有することを特徴とするコンデンサマイクロホンの製造方法。

【請求項2】 第1の半導体基板のバックプレートに対応する部分を部分的に除去して薄肉部を形成し、電極を形成するとともに、前記薄肉部に少なくとも1つの貫通孔を形成して、前記貫通孔および前記電極が設けられたバックプレートに有するバックプレート基板を製造する第1の工程と、

第2の半導体基板に、電極を有する可動のダイヤフラムを形成してダイヤフラム基板を製造する第2の工程と、前記バックプレートと前記ダイヤフラムとが空隙を介し対面してコンデンサを形成するとともに、前記空隙以外の領域に、前記バックプレート基板と前記ダイヤフラム基板とが非接触となる非接触部が形成されるように、前記バックプレート基板と前記ダイヤフラム基板とを接合する第3の工程とを有することを特徴とするコンデンサマイクロホンの製造方法。

【請求項3】 第1の半導体基板に電極を形成するとともに、少なくとも1つの貫通孔を形成して、前記貫通孔および前記電極が設けられたバックプレートに有するバックプレート基板を製造する第1の工程と、

第2の半導体基板にダイヤフラムの少なくとも一部を構成する膜を形成し、前記第2の半導体基板のダイヤフラムに対応する部分を部分的に除去し、その除去した部分の前記膜に電極を形成して、前記膜および前記電極を備える可動のダイヤフラムを有するダイヤフラム基板を製造する第2の工程と、

前記バックプレートと前記ダイヤフラムとが空隙を介し対面してコンデンサを形成するとともに、前記空隙以外の領域に、前記バックプレート基板と前記ダイヤフラム基板とが非接触となる非接触部が形成されるように、前記バックプレート基板と前記ダイヤフラム基板とを接合する第3の工程とを有することを特徴とするコンデンサマイクロホンの製造方法。

【請求項4】 第1の半導体基板のバックプレートに対応する部分を部分的に除去して薄肉部を形成し、電極を形成するとともに、前記薄肉部に少なくとも1つの貫通孔を形成して、前記貫通孔および前記電極が設けられた

バックプレートに有するバックプレート基板を製造する第1の工程と、

第2の半導体基板にダイヤフラムの少なくとも一部を構成する膜を形成し、前記第2の半導体基板のダイヤフラムに対応する部分を部分的に除去し、その除去した部分の前記膜に電極を形成して、前記膜および前記電極を備える可動のダイヤフラムを有するダイヤフラム基板を製造する第2の工程と、

前記バックプレートと前記ダイヤフラムとが空隙を介し対面してコンデンサを形成するとともに、前記空隙以外の領域に、前記バックプレート基板と前記ダイヤフラム基板とが非接触となる非接触部が形成されるように、前記バックプレート基板と前記ダイヤフラム基板とを接合する第3の工程とを有することを特徴とするコンデンサマイクロホンの製造方法。

【請求項5】 前記第1の工程において、第1の半導体基板に、前記空隙を形成するためのスペーサとなる膜を所定パターンに形成することにより、前記非接触部を形成する請求項1ないし4のいずれかに記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【請求項6】 前記第1の工程において、前記第1の半導体基板の、前記ダイヤフラム基板との接合面側に、前記非接触部の少なくとも一部を構成する凹部を形成する請求項1ないし5のいずれかに記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【請求項7】 前記第1の工程において、エッチング法により前記凹部の形成を行う請求項6に記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【請求項8】 前記第1の工程において、ドライエッチング法により前記貫通孔の形成を行う請求項1ないし7のいずれかに記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【請求項9】 前記ドライエッチング法は、エッチング用ガスによるエッチングと、デポジション用ガスによる保護膜の形成とを、交互に繰り返す方法である請求項8に記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【請求項10】 前記第1の工程において、前記第1の半導体基板に、該第1の半導体基板の導電性を向上するドーパントをドーピングして電極を形成する請求項1ないし9のいずれかに記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【請求項11】 前記ドーパントは、ホウ素である請求項10に記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【請求項12】 前記第2の工程において、前記第2の半導体基板の、前記バックプレート基板との接合面側に、前記非接触部の少なくとも一部を構成する凹部を形成する請求項1ないし11のいずれかに記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【請求項13】 前記第2の工程において、エッチング法により前記凹部の形成を行う請求項12に記載のコン

デンサマイクロホンの製造方法。

【請求項14】 前記第2の工程において、前記ダイヤフラムの少なくとも一部を窒化物による膜で形成する請求項1ないし13のいずれかに記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【請求項15】 前記第2の工程において、前記第2の半導体基板に、前記バックプレート基板の電極に接続するための孔部を形成する請求項1ないし14のいずれかに記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【請求項16】 前記第2の工程において、前記第2の半導体基板の、前記バックプレート基板の電極に接続されたパッドに対応する位置に、孔部を形成する請求項1ないし14のいずれかに記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【請求項17】 前記第2の工程において、前記ダイヤフラムを形成するための前記第2の半導体基板の除去をエッチング法で行い、その際、前記孔部を形成する請求項15または16に記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【請求項18】 前記ダイヤフラムの厚さは、前記バックプレートの厚さより薄い請求項1ないし17のいずれかに記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【請求項19】 前記第1の半導体基板は、単結晶シリコン基板である請求項1ないし18のいずれかに記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【請求項20】 前記第1の半導体基板は、(100)面方位または(110)面方位である請求項19に記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【請求項21】 前記第2の半導体基板は、単結晶シリコン基板である請求項1ないし20のいずれかに記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【請求項22】 前記第2の半導体基板は、(100)面方位または(110)面方位である請求項21に記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【請求項23】 請求項1ないし22のいずれかに記載のコンデンサマイクロホンの製造方法により製造されたことを特徴とするコンデンサマイクロホン。

【請求項24】 第1の半導体基板に、電極と、少なくとも1つの貫通孔とを有するバックプレートが設けられたバックプレート基板と、
第2の半導体基板に、電極を有する可動のダイヤフラムが設けられたダイヤフラム基板とを有し、
前記バックプレートと前記ダイヤフラムとが空隙を介し対面してコンデンサを形成するように、前記バックプレート基板と前記ダイヤフラム基板とを接合してなるコンデンサマイクロホンであって、
前記空隙以外の領域に、前記バックプレート基板と前記ダイヤフラム基板とが非接触となる非接触部を有することを特徴とするコンデンサマイクロホン。

【請求項25】 前記第1の半導体基板と前記第2の半

導体基板との間に、前記空隙を形成するためのスペーサを有し、

前記非接触部の少なくとも一部は、前記スペーサの無い部分で構成されている請求項24に記載のコンデンサマイクロホン。

【請求項26】 ダイヤフラム基板は、前記ダイヤフラムの少なくとも一部を構成する膜を有し、
前記非接触部の少なくとも一部は、前記膜の無い部分で構成されている請求項24または25に記載のコンデンサマイクロホン。

【請求項27】 前記非接触部の少なくとも一部は、前記第1の半導体基板および／または前記第2の半導体基板に設けられた凹部で構成されている請求項24ないし26のいずれかに記載のコンデンサマイクロホン。

【請求項28】 平面視において、前記空隙を除く当該コンデンサマイクロホンに対し、前記非接触部の占める面積比は、70～90%である請求項24ないし27のいずれかに記載のコンデンサマイクロホン。

【請求項29】 前記バックプレート基板の電極は、前記第1の半導体基板に、該第1の半導体基板の導電性を向上するドーパントをドーブして形成されたものである請求項24ないし28のいずれかに記載のコンデンサマイクロホン。

【請求項30】 前記ドーパントは、ホウ素である請求項29に記載のコンデンサマイクロホン。

【請求項31】 前記ダイヤフラムの少なくとも一部は、窒化物による膜で構成されている請求項24ないし30のいずれかに記載のコンデンサマイクロホン。

【請求項32】 前記ダイヤフラム基板は、前記バックプレート基板の電極に接続するための孔部を有する請求項24ないし31のいずれかに記載のコンデンサマイクロホン。

【請求項33】 前記ダイヤフラムの厚さは、前記バックプレートの厚さより薄い請求項24ないし32のいずれかに記載のコンデンサマイクロホン。

【請求項34】 前記第1の半導体基板は、単結晶シリコン基板である請求項24ないし33のいずれかに記載のコンデンサマイクロホン。

【請求項35】 前記第1の半導体基板は、(100)面方位または(110)面方位である請求項34に記載のコンデンサマイクロホン。

【請求項36】 前記第2の半導体基板は、単結晶シリコン基板である請求項24ないし35のいずれかに記載のコンデンサマイクロホン。

【請求項37】 前記第2の半導体基板は、(100)面方位または(110)面方位である請求項36に記載のコンデンサマイクロホン。

【請求項38】 請求項23ないし37のいずれかに記載のコンデンサマイクロホンを有することを特徴とする電子機器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、コンデンサマイクロホンの製造方法、コンデンサマイクロホンおよび電子機器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】シリコン基板上に、音響ホールと呼ばれる貫通孔が複数形成されたバックプレートと、このバックプレートに対して可動のダイヤフラムとがコンデンサを形成するように設けられたコンデンサマイクロホンが知られている。コンデンサマイクロホンは、小型化、低消費電力化に有利であり、回路を一体化できることから、ノイズを低減することができる。

【0003】このコンデンサマイクロホンの製造方法としては、例えば、「A Silicon Condenser microphone with Structured Back Plate and Silicon Nitride Membrane」Sensors and Actuators、1992の第251～第258頁において、Wolfgang Kuhnelらにより、シリコン基板を用いてダイヤフラムチップおよびバックプレートチップをそれぞれ製造した後、そのダイヤフラムチップとバックプレートチップとを接合する方法が開示されている。

【0004】前記コンデンサマイクロホンの製造方法では、バックプレートチップの製造工程において、バックプレートにエアダンピングの影響を抑制するために設ける音響ホールを、アルカリ水溶液をエッチング液としたウェットエッチングで形成する。

【0005】また、ダイヤフラムチップの製造工程において、シリコン基板を部分的に除去して、平面視での形状が四角形のダイヤフラムを形成する。

【0006】しかしながら、前記コンデンサマイクロホンの製造方法では、電極間にギャップを形成するためのスペーサとなる絶縁膜を、ダイヤフラムの外側に形成するが、その絶縁膜は、誘電体（絶縁体）であるので、バックプレートチップ側のシリコン基板とダイヤフラムチップ側のシリコン基板とが電極となり、この両電極と、その間の前記絶縁膜とにより、ダイヤフラムの外側の部分に容量が発生し（擬似的にコンデンサが形成され）、寄生容量となる。

【0007】この寄生容量により、コンデンサマイクロホン全体の容量に対して、可動する部分の容量、すなわちダイヤフラムの部分の容量が小さくなり、コンデンサマイクロホンの感度が低下してしまう（ダイヤフラムの振動による容量の変化を精度良く検出し難い）という欠点がある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、感度を向上させることができるコンデンサマイクロホンの製造方法、コンデンサマイクロホンおよびそのコンデンサマイクロホンを有する電子機器を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】このような目的は、下記（1）～（38）の本発明により達成される。

【0010】（1） 第1の半導体基板に電極を形成するとともに、少なくとも1つの貫通孔を形成して、前記貫通孔および前記電極が設けられたバックプレートを有するバックプレート基板を製造する第1の工程と、第2の半導体基板に、電極を有する可動のダイヤフラムを形成してダイヤフラム基板を製造する第2の工程と、前記バックプレートと前記ダイヤフラムとが空隙を介し対面してコンデンサを形成するとともに、前記空隙以外の領域に、前記バックプレート基板と前記ダイヤフラム基板とが非接触となる非接触部が形成されるように、前記バックプレート基板と前記ダイヤフラム基板とを接合する第3の工程とを有することを特徴とするコンデンサマイクロホンの製造方法。

【0011】（2） 第1の半導体基板のバックプレートに対応する部分を部分的に除去して薄肉部を形成し、電極を形成するとともに、前記薄肉部に少なくとも1つの貫通孔を形成して、前記貫通孔および前記電極が設けられたバックプレートを有するバックプレート基板を製造する第1の工程と、第2の半導体基板に、電極を有する可動のダイヤフラムを形成してダイヤフラム基板を製造する第2の工程と、前記バックプレートと前記ダイヤフラムとが空隙を介し対面してコンデンサを形成するとともに、前記空隙以外の領域に、前記バックプレート基板と前記ダイヤフラム基板とが非接触となる非接触部が形成されるように、前記バックプレート基板と前記ダイヤフラム基板とを接合する第3の工程とを有することを特徴とするコンデンサマイクロホンの製造方法。

【0012】（3） 第1の半導体基板に電極を形成するとともに、少なくとも1つの貫通孔を形成して、前記貫通孔および前記電極が設けられたバックプレートを有するバックプレート基板を製造する第1の工程と、第2の半導体基板にダイヤフラムの少なくとも一部を構成する膜を形成し、前記第2の半導体基板のダイヤフラムに対応する部分を部分的に除去し、その除去した部分の前記膜に電極を形成して、前記膜および前記電極を備える可動のダイヤフラムを有するダイヤフラム基板を製造する第2の工程と、前記バックプレートと前記ダイヤフラムとが空隙を介し対面してコンデンサを形成するとともに、前記空隙以外の領域に、前記バックプレート基板と前記ダイヤフラム基板とが非接触となる非接触部が形成されるように、前記バックプレート基板と前記ダイヤフラム基板とを接合する第3の工程とを有することを特徴とするコンデンサマイクロホンの製造方法。

【0013】（4） 第1の半導体基板のバックプレートに対応する部分を部分的に除去して薄肉部を形成し、電極を形成するとともに、前記薄肉部に少なくとも1つの貫通孔を形成して、前記貫通孔および前記電極が設け

られたバックプレートに有するバックプレート基板を製造する第1の工程と、第2の半導体基板にダイヤフラムの少なくとも一部を構成する膜を形成し、前記第2の半導体基板のダイヤフラムに対応する部分を部分的に除去し、その除去した部分の前記膜に電極を形成して、前記膜および前記電極を備える可動のダイヤフラムを有するダイヤフラム基板を製造する第2の工程と、前記バックプレートと前記ダイヤフラムとが空隙を介し対面してコンデンサを形成するとともに、前記空隙以外の領域に、前記バックプレート基板と前記ダイヤフラム基板とが非接触となる非接触部が形成されるように、前記バックプレート基板と前記ダイヤフラム基板とを接合する第3の工程とを有することを特徴とするコンデンサマイクロホンの製造方法。

【0014】(5) 前記第1の工程において、第1の半導体基板に、前記空隙を形成するためのスペーサとなる膜を所定パターンに形成することにより、前記非接触部を形成する上記(1)ないし(4)のいずれかに記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【0015】(6) 前記第1の工程において、前記第1の半導体基板の、前記ダイヤフラム基板との接合面側に、前記非接触部の少なくとも一部を構成する凹部を形成する上記(1)ないし(5)のいずれかに記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【0016】(7) 前記第1の工程において、エッチング法により前記凹部の形成を行う上記(6)に記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【0017】(8) 前記第1の工程において、ドライエッチング法により前記貫通孔の形成を行う上記(1)ないし(7)のいずれかに記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【0018】(9) 前記ドライエッチング法は、エッチング用ガスによるエッチングと、デポジション用ガスによる保護膜の形成とを、交互に繰り返す方法である上記(8)に記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【0019】(10) 前記第1の工程において、前記第1の半導体基板に、該第1の半導体基板の導電性を向上するドーパントをドーピングして電極を形成する上記(1)ないし(9)のいずれかに記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【0020】(11) 前記ドーパントは、ホウ素である上記(10)に記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【0021】(12) 前記第2の工程において、前記第2の半導体基板の、前記バックプレート基板との接合面側に、前記非接触部の少なくとも一部を構成する凹部を形成する上記(1)ないし(11)のいずれかに記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【0022】(13) 前記第2の工程において、エッ

チング法により前記凹部の形成を行う上記(12)に記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【0023】(14) 前記第2の工程において、前記ダイヤフラムの少なくとも一部を窒化物による膜で形成する上記(1)ないし(13)のいずれかに記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【0024】(15) 前記第2の工程において、前記第2の半導体基板に、前記バックプレート基板の電極に接続するための孔部を形成する上記(1)ないし(14)のいずれかに記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【0025】(16) 前記第2の工程において、前記第2の半導体基板の、前記バックプレート基板の電極に接続されたパッドに対応する位置に、孔部を形成する上記(1)ないし(14)のいずれかに記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【0026】(17) 前記第2の工程において、前記ダイヤフラムを形成するための前記第2の半導体基板の除去をエッチング法で行い、その際、前記孔部を形成する上記(15)または(16)に記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【0027】(18) 前記ダイヤフラムの厚さは、前記バックプレートの厚さより薄い上記(1)ないし(17)のいずれかに記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【0028】(19) 前記第1の半導体基板は、単結晶シリコン基板である上記(1)ないし(18)のいずれかに記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【0029】(20) 前記第1の半導体基板は、(100)面方位または(110)面方位である上記(19)に記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【0030】(21) 前記第2の半導体基板は、単結晶シリコン基板である上記(1)ないし(20)のいずれかに記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【0031】(22) 前記第2の半導体基板は、(100)面方位または(110)面方位である上記(21)に記載のコンデンサマイクロホンの製造方法。

【0032】(23) 上記(1)ないし(22)のいずれかに記載のコンデンサマイクロホンの製造方法により製造されたことを特徴とするコンデンサマイクロホン。

【0033】(24) 第1の半導体基板に、電極と、少なくとも1つの貫通孔とを有するバックプレートが設けられたバックプレート基板と、第2の半導体基板に、電極を有する可動のダイヤフラムが設けられたダイヤフラム基板とを有し、前記バックプレートと前記ダイヤフラムとが空隙を介し対面してコンデンサを形成するように、前記バックプレート基板と前記ダイヤフラム基板とを接合してなるコンデンサマイクロホンであって、前記空隙以外の領域に、前記バックプレート基板と前記ダイ

ヤフラム基板とが非接触となる非接触部を有することを特徴とするコンデンサマイクロホン。

【0034】(25) 前記第1の半導体基板と前記第2の半導体基板との間に、前記空隙を形成するためのスペーサを有し、前記非接触部の少なくとも一部は、前記スペーサの無い部分で構成されている上記(24)に記載のコンデンサマイクロホン。

【0035】(26) ダイアフラム基板は、前記ダイヤフラムの少なくとも一部を構成する膜を有し、前記非接触部の少なくとも一部は、前記膜の無い部分で構成されている上記(24)または(25)に記載のコンデンサマイクロホン。

【0036】(27) 前記非接触部の少なくとも一部は、前記第1の半導体基板および／または前記第2の半導体基板に設けられた凹部で構成されている上記(24)ないし(26)のいずれかに記載のコンデンサマイクロホン。

【0037】(28) 平面視において、前記空隙を除く当該コンデンサマイクロホンに対し、前記非接触部の占める面積比は、70～90%である上記(24)ないし(27)のいずれかに記載のコンデンサマイクロホン。

【0038】(29) 前記バックプレート基板の電極は、前記第1の半導体基板に、該第1の半導体基板の導電性を向上するドーパントをドーピングして形成されたものである上記(24)ないし(28)のいずれかに記載のコンデンサマイクロホン。

【0039】(30) 前記ドーパントは、ホウ素である上記(29)に記載のコンデンサマイクロホン。

【0040】(31) 前記ダイヤフラムの少なくとも一部は、窒化物による膜で構成されている上記(24)ないし(30)のいずれかに記載のコンデンサマイクロホン。

【0041】(32) 前記ダイヤフラム基板は、前記バックプレート基板の電極に接続するための孔部を有する上記(24)ないし(31)のいずれかに記載のコンデンサマイクロホン。

【0042】(33) 前記ダイヤフラムの厚さは、前記バックプレートの厚さより薄い上記(24)ないし(32)のいずれかに記載のコンデンサマイクロホン。

【0043】(34) 前記第1の半導体基板は、単結晶シリコン基板である上記(24)ないし(33)のいずれかに記載のコンデンサマイクロホン。

【0044】(35) 前記第1の半導体基板は、(100)面方位または(110)面方位である上記(34)に記載のコンデンサマイクロホン。

【0045】(36) 前記第2の半導体基板は、単結晶シリコン基板である上記(24)ないし(35)のいずれかに記載のコンデンサマイクロホン。

【0046】(37) 前記第2の半導体基板は、(1

00)面方位または(110)面方位である上記(36)に記載のコンデンサマイクロホン。

【0047】(38) 上記(23)ないし(37)のいずれかに記載のコンデンサマイクロホンを有することを特徴とする電子機器。

【0048】

【発明の実施の形態】以下、本発明のコンデンサマイクロホンの製造方法、コンデンサマイクロホンおよび電子機器を、添付図面に示す好適な実施の形態に基づき詳細に説明する。

【0049】図1は、本発明のコンデンサマイクロホンの実施形態を示す断面斜視図、図2は、本発明のコンデンサマイクロホンの実施形態を示す縦断面図、図3は、図1および図2に示すコンデンサマイクロホンのバックプレート基板の平面図である。

【0050】これらの図に示すコンデンサマイクロホン(コンデンサ型のマイクロホン)1は、バックプレート基板(バックプレートチップ)2と、ダイヤフラム基板(ダイヤフラムチップ)4とを接合した(貼り合わせた)ものである。

【0051】バックプレート基板2は、例えば、ウェハ上に多数(複数)形成され、各バックプレート基板2ごとに分割(分離)され、また、同様に、ダイヤフラム基板4は、例えば、ウェハ上に多数(複数)形成され、各ダイヤフラム基板4ごとに分割(分離)され、その後、バックプレート基板2と、ダイヤフラム基板4とが接合され、コンデンサマイクロホン1が完成する。

【0052】バックプレート基板2は、半導体基板である第1の基板21を有し、その第1の基板21には、電極251および複数の音響ホール(貫通孔)31が設けられている。この電極251および音響ホール31の設けられている部分がバックプレート20を構成する。なお、第1の基板21のバックプレート20に対応する部分には、凹部23が形成されている。

【0053】ダイヤフラム基板4は、半導体基板である第2の基板41を有している。その第2の基板41には、前記バックプレート20(バックプレート基板2)に対して可動の(変位し得る)電極451を有するダイヤフラム40が設けられている。なお、第2の基板41のダイヤフラム40に対応する部分には、孔部43が形成されている。

【0054】これらバックプレート基板2とダイヤフラム基板4とは、バックプレート20とダイヤフラム40とがコンデンサを形成するように配置されており、バックプレート20とダイヤフラム40との間には、中空部(空隙)6が形成されている。

【0055】そして、前記中空部6以外の所定領域に、バックプレート基板2とダイヤフラム基板4とが非接触となる非接触部7が形成されている。なお、この非接触部7は、後に詳述する。

【0056】コンデンサマイクロホン1の寸法は、特に限定されないが、例えば、2～5mm×2～5mm程度で、厚さは、0.2～1mm程度とすることができる。

【0057】次に、コンデンサマイクロホン1の製造方法を説明する。図4～図27は、それぞれ、コンデンサマイクロホン1の製造方法を説明するための図（縦断面図）であり、そのうち、図4～図21は、バックプレート基板2の製造工程（第1の工程）を示し、図22～図26は、ダイヤフラム基板4の製造工程（第2の工程）を示し、図27は、バックプレート基板2とダイヤフラム基板4とを接合する工程（第3の工程）を示す。

【0058】まず、第1の基板21および第2の基板41として、それぞれ、半導体基板を用意する。

【0059】これら第1の基板21および第2の基板41は、それぞれ、半導体基板であれば、特に限定されないが、単結晶シリコン基板であるのが好ましく、その単結晶シリコン基板は、(100)面方位（結晶面方位）、または(110)面方位（結晶面方位）であるのがより好ましい。

【0060】これにより、ダイヤフラム40や、バックプレート20を精度良く形成することができ、設計通りのコンデンサマイクロホン1を得ることができる。

【0061】また、第1の基板21および第2の基板41の厚さは、それぞれ、特に限定されないが、300～525μm程度であるのが好ましく、300～400μm程度であるのがより好ましい。

【0062】＜バックプレート基板2の製造工程（第1の工程）＞

＜1＞まず、図4に示すように、第1の基板21の表面、すなわち、第1の基板21の図4中上側、下側、右側および左側にすべて、エッチング用のマスクとなる膜22を形成する。

【0063】膜22の構成材料としては、例えば、Si₃N₄等が挙げられる。膜22は、例えば、CVD（Chemical Vapor Deposition）法（特に、熱CVD法）等により形成する。

【0064】膜22の厚さは、特に限定されないが、0.05～0.2μm程度であるのが好ましく、0.1～0.15μm程度であるのがより好ましい。

【0065】＜2＞次に、図5に示すように、第1の基板21の図5中下側の膜22のうち、バックプレート20に対応する部分、すなわち、図6に示す凹部23に対応する部分を除去し、バックプレート20（凹部23）に対応する形状の開口221を形成する。これにより、開口221から第1の基板21が露出する。

【0066】この膜22の除去は、例えば、ドライエッチング法、ウェットエッチング法等により行うことができる。

【0067】＜3＞次に、図6に示すように、第1の基板21の開口221の部分に凹部23を形成する。すな

わち、第1の基板21の開口221の部分を、所定の厚さになるまで除去し、薄肉部211を形成する。この薄肉部211およびその近傍の部分が、後の工程を経て、バックプレート20となる。

【0068】前記第1の基板21の薄肉部211の厚さ、すなわち、バックプレート20の厚さは、特に限定されないが、10～40μm程度であるのが好ましく、10～15μm程度であるのがより好ましい。

【0069】前記薄肉部211（凹部23）の形成は、エッチング法により行うのが好ましい。すなわち、開口221から露出している第1の基板21をエッチングして薄肉部211を形成するのが好ましい。

【0070】この場合のエッチング法としては、例えば、ドライエッチング法、ウェットエッチング法等が挙げられるが、特に、アルカリ異方性エッチング法が好ましい。

【0071】本工程をアルカリ異方性エッチング法により行う場合には、所定の厚さのバックプレート20を精度良く形成することができ、寸法精度の高いコンデンサマイクロホン1を得ることができる。

【0072】なお、アルカリ異方性エッチング法を用いる場合のアルカリ性のエッチング液としては、例えば、TMAH（テトラメチルアンモニウムヒドロキシド）の水溶液等が挙げられる。

【0073】＜4＞次に、図7に示すように、膜22を除去（剥離）する。膜22の除去には、例えば、リン酸またはフッ化水素酸溶液等を用いることができる。

【0074】＜5＞次に、図8に示すように、第1の基板21の表面、すなわち、第1の基板21の図8中上側、下側、右側および左側にすべて、エッチング用のマスクとなる膜26を形成する。

【0075】膜26の構成材料としては、例えば、SiO₂等が挙げられる。膜26をSiO₂膜で構成する場合には、例えば、第1の基板21の表面（表層部）を酸化（熱酸化）させる。

【0076】膜26の厚さは、特に限定されないが、0.05～1.2μm程度であるのが好ましく、0.5～1.2μm程度であるのがより好ましい。

【0077】＜6＞次に、図9に示すように、第1の基板21の図9中上側の膜26のうち、図10に示す凹部212に対応する部分を除去し、凹部212に対応する形状の複数の開口261を形成する。これにより、各開口261から第1の基板21が露出する。

【0078】この膜26の除去は、例えば、ドライエッチング法、ウェットエッチング法等により行うことができる。

【0079】＜7＞次に、図10に示すように、第1の基板21の開口261の部分を所定の深さまで除去し、第1の基板21のダイヤフラム基板4との接合面側であって、中空部6以外の所定領域に、複数の凹部212を

形成する。

【0080】図2に示すように、この凹部212と後述する絶縁膜27の開口272とで、非接触部7が構成される。

【0081】前記第1の基板21の凹部212の深さは、特に限定されないが、10～210 μ m程度であるのが好ましく、100～200 μ m程度であるのがより好ましい。

【0082】また、凹部212の形状は、特に限定されないが、本実施形態では、凹部212の平面視での形状（図10中上側から見たときの形状）は、四角形をなしている（図3参照）。

【0083】また、凹部212の個数は、その寸法や形状等の諸条件に応じて適宜設定される。本実施形態では、凹部212は、複数形成されるが（図3参照）、1つのみ形成してもよい。

【0084】前記凹部212の形成は、エッチング法により行うのが好ましい。この場合のエッチング法としては、例えば、ドライエッチング法、ウェットエッチング法等が挙げられるが、特に、アルカリ異方性エッチング法が好ましい。

【0085】本工程をアルカリ異方性エッチング法により行う場合には、所定の深さの凹部212を精度良く形成することができ、寸法精度の高いコンデンサマイクロホン1を得ることができる。

【0086】なお、アルカリ異方性エッチング法を用いる場合のアルカリ性のエッチング液としては、例えば、TMAH（テトラメチルアンモニウムハイドロオキシド）の水溶液等が挙げられる。

【0087】＜8＞次に、図11に示すように、膜26を除去（剥離）する。膜26の除去には、例えば、フッ化水素酸溶液等を用いることができる。

【0088】＜9＞次に、図12に示すように、第1の基板21の表面、すなわち、第1の基板21の図12中上側、下側、右側および左側にすべて、ドーピング用のマスクとなる膜24を形成する。

【0089】膜24の構成材料としては、例えば、SiO₂等が挙げられる。膜24は、例えば、CVD法（特に、プラズマCVD法）等により形成する。

【0090】膜24の厚さは、特に限定されないが、0.5～2 μ m程度であるのが好ましく、1～1.5 μ m程度であるのがより好ましい。

【0091】＜10＞次に、図13に示すように、第1の基板21の図13中上側の膜24を、図14に示す電極251、配線（引き出し線）252およびパッド253に対応する形状にパターニング（除去）して開口241を形成し、その開口241から第1の基板21の薄肉部211および薄肉部211の図13中右側の部分を露出させる。

【0092】なお、電極251は、薄肉部211の上側

に設けられ、配線252およびパッド253は、電極251の図13中右側に設けられるので、開口241は、薄肉部211および薄肉部211の図13中右側に形成される。

【0093】膜24の除去は、例えば、ドライエッチング法、ウェットエッチング法等により行うことができる。

【0094】＜11＞次に、図14に示すように、開口241内における第1の基板21の図14中上側の表層部、すなわち、第1の基板21の薄肉部211および薄肉部211の図14中右側の部分の表層部にホウ素（ドーパント）をドーピング（注入）して電極251、配線252およびパッド253を形成する。

【0095】このようにホウ素をドーピングして電極251、配線252およびパッド253を形成することにより、後述する工程＜17＞において、絶縁膜27をエッチングして複数の開口272を形成する際、そのエッチング液（例えば、フッ化水素酸溶液）で電極251、配線252およびパッド253が、変質、劣化、剥離または溶解等を生じてしまうのを防止することができる。

【0096】前記ホウ素のドーピングでは、例えば、図示しない固体のホウ素拡散源を第1の基板21の図14中上側に、その第1の基板21に対して対向配置し、熱処理を行う。

【0097】熱処理条件は、ドーピングされる第1の基板21の深さ（厚さ）やホウ素の濃度等の諸条件に応じて適宜設定されるが、1025～1200℃程度で、0.5～12時間程度とするのが好ましく、1075～1200℃程度で、0.5～5時間程度とするのがより好ましい。

【0098】この処理により、開口241内における第1の基板21の表層部、すなわち、第1の基板21の表面から所定の深さ（厚さ）の領域まで、所定の濃度（高濃度）にホウ素がドーピングされ、拡散して、導電率（導電性）が向上する。第1の基板21のうち、前記ホウ素のドーピングされた部分（ドーピング部）により、電極251、配線252およびパッド253が構成される。なお、電極251とパッド253とは、配線252を介して電氣的に接続されている。

【0099】ホウ素をドーピングする深さ（ドーピング部の厚さ）、すなわち、電極251の厚さは、特に限定されないが、0.4～1.2 μ m程度とするのが好ましく、0.5～1 μ m程度とするのがより好ましい。

【0100】また、ドーピング後のホウ素の濃度は、特に限定されないが、 5×10^{19} 個/cm³以上とするのが好ましく、 1×10^{20} 個/cm³以上とするのがより好ましく、 1×10^{20} ～ 5×10^{20} 個/cm³程度とするのが特に好ましい。

【0101】なお、ホウ素をドーピングする方法は、前記の方法に限らず、例えば、イオン打ち込み法や液体拡散源

を用いる方法（３臭化ホウ素等を用いる方法）等で行ってもよい。

【０１０２】また、ドーパントとしては、それをドーピングすることにより第１の基板２１の導電率（導電性）を向上させることができるものであれば、ホウ素に限定されず、ホウ素の他、例えば、P、As、Al等が挙げられ、また、任意の２種以上を用いてもよい。

【０１０３】また、本発明では、バックプレート基板２の電極２５１、配線２５２およびパッド２５３は、それぞれ、導電性を有していればよく、それぞれを、例えば、各種の金属、ポリシリコン（多結晶シリコン）等で形成してもよい。

【０１０４】＜１２＞次に、図１５に示すように、膜２４を除去（剥離）する。膜２４の除去には、例えば、フッ化水素酸溶液等を用いることができる。

【０１０５】＜１３＞次に、図１６に示すように、第１の基板２１の図１６中上側に、電極２５１と後述するダイヤフラム基板４のダイヤフラム４０との間に間隙（ギャップ）、すなわち、中空部（空隙）６を形成するためのスペーサとなる絶縁膜２７を形成する。この絶縁膜２７の厚さが、このバックプレート基板２の電極２５１と後述するダイヤフラム基板４のダイヤフラム４０との間の距離（ギャップ長）となる。

【０１０６】絶縁膜２７の厚さ、すなわち、このバックプレート基板２の電極２５１と後述するダイヤフラム基板４のダイヤフラム４０との間の距離（ギャップ長）は、特に限定されないが、１～５μm程度であるのが好ましく、１～３μm程度であるのがより好ましい。

【０１０７】絶縁膜２７の構成材料としては、絶縁性を有していれば特に限定されないが、酸化物（酸化膜）が好ましく、その酸化物としては、例えば、SiO₂等が挙げられる。

【０１０８】絶縁膜２７をSiO₂膜のような酸化膜とすることにより、後述する音響ホール３１をドライエッチングで形成する場合に、そのドライエッチングにより影響を受けるのを阻止（防止）することができる。

【０１０９】絶縁膜２７は、例えば、CVD法（特に、プラズマCVD法）等により形成する。

【０１１０】＜１４＞次に、図１７に示すように、絶縁膜２７のうち、電極２５１、配線２５２およびパッド２５３に対応する部分を除去して開口２７１を形成し、その開口２７１から電極２５１、配線２５２およびパッド２５３を露出させる。

【０１１１】絶縁膜２７の除去は、例えば、ドライエッチング法、ウェットエッチング法等により行うことができる。

【０１１２】＜１５＞次に、図１８に示すように、第１の基板２１のうち、ドーピングされた部分の図１８中上側、すなわち、第１の基板２１の電極２５１、配線２５２およびパッド２５３の図１８中上側と、絶縁膜２７の

図１８中上側とに、それぞれ、所定パターンのマスク２８を形成する。

【０１１３】このマスク２８は、バックプレート２０へ図１９に示す複数の音響ホール（貫通孔）３１を形成し、絶縁膜２７へ図２０に示す複数の開口２７２を形成するときのエッチング用のマスクであり、各音響ホール３１に対応する部分（位置）にそれぞれ開口２８１が形成され、かつ、各開口２７２に対応する部分（位置）にそれぞれ開口２８２が形成されるように、例えば、フォトリソグラフィ法でパターンニングされる。

【０１１４】マスク２８の構成材料としては、例えば、各種のレジスト材料等が挙げられる。

【０１１５】また、マスク２８の厚さは、特に限定されないが、０．５～２μm程度であるのが好ましく、１～１．５μm程度であるのがより好ましい。

【０１１６】また、マスク２８の開口２８１の平面視での形状（図１８中上側から見たときの形状）、すなわち、音響ホール３１の平面視での形状は、特に限定されず、例えば、円形、楕円形、四角形等の多角形等とすることができる。

【０１１７】マスク２８の開口２８１の寸法、すなわち、音響ホール３１の寸法は、特に限定されないが、例えば、平面視での形状を円形とした場合には、その直径が、２０～７０μm程度であるのが好ましく、３０～６０μm程度であるのがより好ましい。

【０１１８】また、マスク２８の開口２８１の個数、すなわち、音響ホール３１の個数は、その寸法や形状等の諸条件に応じて適宜設定されるが、複数であるのが好ましく、５０～１０００個/mm²程度であるのがより好ましく、１００～５００個/mm²程度であるのが特に好ましい。これにより、エアダンピングの影響をより確実に低減または防止することができる。なお、音響ホール３１の個数は、１個であってもよいことは言うまでもない。

【０１１９】前記絶縁膜２７の開口２７２は、第１の基板２１のダイヤフラム基板４との接合面側であって、中空部６以外の所定領域、特に、前記第１の基板２１の凹部２１２に対応する位置に形成され、前述したように、この開口２７２（絶縁膜２７の無い部分）と凹部２１２とで、非接触部７が構成される（図２参照）。

【０１２０】マスク２８の開口２８２の平面視での形状（図１８中上側から見たときの形状）、すなわち、絶縁膜２７の開口２７２の平面視での形状は、特に限定されないが、開口２７２は、凹部２１２と略一致するように（凹部２１２と略同一形状に）形成するのが好ましく、本実施形態では、四角形をなしている（図３参照）。

【０１２１】また、マスク２８の開口２８２の個数、すなわち、絶縁膜２７の開口２７２の個数は、その寸法や形状等の諸条件に応じて適宜設定される。本実施形態では、マスク２８の開口２８２、すなわち、絶縁膜２７の

開口272は、凹部212と同数（複数）形成されるが（図3参照）、開口272の個数と、凹部212の個数とが異なってもよい。すなわち、凹部212の形成されていない部位に開口272を形成してもよい。

【0122】なお、絶縁膜27の開口272の個数は、1個であってもよいことは言うまでもない。

【0123】また、図18に示すように、第1の基板21の図18中上側以外の表面（各側面および裏面）に、保護膜29を形成する。

【0124】この保護膜29は、第1の基板21をエッチングして音響ホール31を形成する（貫通させる）ときのストッパーとしても機能する。

【0125】保護膜29の構成材料としては、例えば、各種のレジスト材料等が挙げられる。

【0126】また、保護膜29の厚さは、特に限定されないが、1～5 μ m程度であるのが好ましく、2～3 μ m程度であるのがより好ましい。

【0127】<16>次に、図19に示すように、ドライエッチング法、特にDeep RIE（ICP）にて、マスク28の各開口281から露出している第1の基板21の薄肉部211をエッチングし、複数の音響ホール（貫通孔）31を形成する。

【0128】前記Deep RIE（ICP）は、半導体（例えば、シリコン）を深堀する方法（技術）であり、本工程では、Deep RIE（ICP）として、例えば、米国特許第5501893号に記載されている方法（ボッシュプロセス）等を用いることができる。

【0129】すなわち、本工程では、例えば、エッチング用ガスによるエッチングと、デポジション用ガスによる保護膜の形成とを、交互に繰り返して、複数の音響ホール31を形成する。

【0130】前記エッチング用ガスとしては、例えば、SF₆等が挙げられ、また、前記デポジション用ガスとしては、例えば、C₄F₈等が挙げられる。

【0131】Deep RIE（ICP）を用いる本工程では、酸化膜に対して高い選択比がとれるため、例えば、絶縁膜27をSiO₂で形成した場合には、マスク28の開口282等から露出している絶縁膜27はエッチングされず、マスク28の開口281から薄肉部211のみがエッチングされ、また、ドライエッチングなので、第1の基板21の面方位の影響を受けることなく、精度良くエッチングすることができる。すなわち、他の部位に影響を与えることなく、音響ホール31のみを精度良く、確実に形成することができる。

【0132】このように、音響ホール31の形成においては、ドライエッチング法、特にDeep RIE（ICP）を用いるので、多数の音響ホール31を、容易、確実かつ精度良く形成することができる。これにより、エアダンピングの影響を低減または防止することができる。

【0133】なお、本発明では、本工程において、前記

と異なるドライエッチング法を用いて音響ホール31を形成してもよく、また、ドライエッチング法以外の方法を用いて音響ホール31を形成してもよい。

【0134】<17>次に、図20に示すように、ドライエッチング法やウェットエッチング法等のエッチング法、特にウェットエッチング法にて、マスク28の各開口282から露出している絶縁膜27をエッチングし、その絶縁膜27に複数の開口272を形成する。残った絶縁膜27は、スペーサとなる。

【0135】前記エッチングでは、例えば、第1の基板21をSiで形成し、エッチング液としてSiと選択比のとれるフッ化水素酸溶液を用いることにより、第1の基板21はエッチングされず、絶縁膜27のみがエッチングされる。すなわち、他の部位に影響を与えることなく、開口272のみを精度良く、確実に形成することができる。

【0136】<18>バックプレート基板2は、ウェハ上に多数（複数）形成され、そのウェハを、例えば、ダイシング等の所定の手段で、各バックプレート基板2ごとに分割（分離）する。

【0137】そして、図21に示すように、前記分割されたバックプレート基板2から残っているマスク28および保護膜29を除去し、バックプレート基板2を洗浄する。

【0138】マスク28および保護膜29の除去は、例えば、ドライエッチング法、ウェットエッチング法等により行うことができる。このようにして、バックプレート基板2が得られる。

【0139】なお、本発明では、例えば、所定の工程において、前記ウェハに格子状に溝を形成し、その溝において各バックプレート基板2ごとに分割できるようにしてもよい。これにより、ダイシングすることなく、各バックプレート基板2ごとに容易かつ確実に分割することができ、その分割時のバックプレート基板2の破損をより確実に防止することができる。

【0140】また、本発明では、バックプレート基板2の電極251、配線252およびパッド253は、それぞれ、導電性を有していればよく、それぞれを、例えば、各種の金属、ポリシリコン（多結晶シリコン）等で形成してもよい。

【0141】<ダイヤフラム基板4の製造工程（第2の工程）>

<1>まず、図22に示すように、第2の基板41の表面、すなわち、第2の基板41の図22中上側、下側、右側および左側にすべて膜42を形成する。この膜42は、第2の基板41のエッチング用のマスクとなるとともに、ダイヤフラム40の一部を構成する。

【0142】膜42の構成材料は、窒化物が好ましく、例えば、Si₃N₄等が挙げられる。

【0143】膜42は、例えば、CVD（Chemical Vap

or Deposition) 法 (特に、熱CVD法) 等により形成する。

【0144】膜42の厚さは、特に限定されないが、0.05~0.2 μ m程度であるのが好ましく、0.1~0.15 μ m程度であるのがより好ましい。

【0145】<2>次に、図23に示すように、第2の基板41の図23中上側の膜42のうち、ダイヤフラム40に対応する部分、すなわち、図24に示す孔部43に対応する部分と、孔部44に対応する部分とを除去し、ダイヤフラム40 (孔部43) に対応する形状の開口421と、孔部44に対応する形状の開口422とを形成する。これにより、開口421および422からそれぞれ第2の基板41が露出する。なお、孔部44は、前記バックプレート基板2のパッド253に対応する位置に形成される。

【0146】前記膜42の除去は、例えば、ドライエッチング法、ウェットエッチング法等により行うことができる。

【0147】<3>次に、図24に示すように、第2の基板41の開口421の部分および開口422の部分を、膜42が露出するまで (膜42に到達するまで) 除去し、孔部43および44を形成する。

【0148】これら孔部43および44の平面視での形状 (図2および図24中上側から見たときの形状) は、それぞれ、図24中上側と下側とが略相似形 (相似形状) または略同一形状をなしている。

【0149】孔部43の形状、すなわち、ダイヤフラム40の形状は、特に限定されないが、本実施形態では、平面視で (図2および図24中上側から見たとき)、四角形をなしている。

【0150】また、孔部44の形状は、特に限定されないが、本実施形態では、平面視で (図2および図24中上側から見たとき)、四角形をなしている。

【0151】前記孔部43および44の形成は、それぞれエッチング法により行うのが好ましい。

【0152】また、孔部43の形成と孔部44の形成とを同時に (同一工程で) 行うのが好ましい。

【0153】本実施形態では、開口421および422から露出している第2の基板41を膜42をストッパーとしてエッチングし、孔部43および44を同時に (同一工程で) 形成する。

【0154】孔部43の形成と孔部44の形成とを同時に (同一工程で) 行うことにより、工程数を減少させることができ、このため、生産性が高く、量産に有利である。

【0155】また、前記エッチング法としては、例えば、ドライエッチング法、ウェットエッチング法等が挙げられるが、特に、アルカリ異方性エッチング法が好ましい。

【0156】本工程をアルカリ異方性エッチング法によ

り行う場合には、所定の寸法のダイヤフラム40 (孔部43) および孔部44を精度良く形成することができ、寸法精度の高いコンデンサマイクロホン1を得ることができる。

【0157】なお、アルカリ異方性エッチング法を用いる場合のアルカリ性のエッチング液としては、例えば、TMAH (テトラメチルアンモニウムヒドロキシド) の水溶液等が挙げられる。

【0158】<4>次に、図25に示すように、孔部44の下側の膜42を除去して開口423を形成し、孔部44を図19中下側に開放する (貫通させる)。

【0159】この孔部44、開口422および423は、ダイヤフラム基板4と前記バックプレート基板2とを接合したとき、バックプレート基板2のパッド253に対面する。従って、ダイヤフラム基板4に、この孔部44、開口422および423を介して、バックプレート基板2のパッド253へ電氣的に接続する配線を設けることができる。

【0160】このように、ダイヤフラム基板4に、バックプレート基板2の電極251 (パッド253) に接続するための、孔部44、開口422および423で構成される孔部 (貫通孔) を形成することにより、コンデンサマイクロホン1の小型化に有利である。

【0161】前記膜42の除去は、例えば、ドライエッチング法、ウェットエッチング法等により行うことができる。

【0162】<5>次に、図25に示すように、第2の基板41の図25中上側に、導電性を有する所定パターンの導電膜 (導体膜) 45を形成する。

【0163】この導電膜45は、前記孔部43内の膜42の図25中上側と、孔部43の側面 (図25中左側面) と、孔部43の近傍の膜42の図25中上側とに連続的に形成され、電極451、配線452およびパッド453を構成する。この場合、電極451は、孔部43内の膜42の図25中上側に位置し、パッド453は、孔部43の近傍の膜42の図25中上側に位置し、これら電極451とパッド453とは、配線452を介して電氣的に接続されている。なお、電極451は、ダイヤフラム40の一部を構成する。

【0164】このようにして、第2の基板41の孔部43の図25中下側に、膜42および電極451で構成されるダイヤフラム40が形成される。このダイヤフラム40の平面視での形状 (図2および図25中上側から見たときの形状) は、孔部43の平面視での形状と相似形または同一形状をなしている。

【0165】前記導電膜45の形成方法は、特に限定されず、例えば、電解メッキ (電気メッキ)、無電解メッキ等の湿式メッキ法や、スパッタリング、イオンプレーティング、真空蒸着、CVD等の気相成膜法等が挙げられる。

【0166】導電膜45は、導電性を有しており、その構成材料としては、例えば、各種の金属、ポリシリコン（多結晶シリコン）等が挙げられるが、これらのうちでは、金属が好ましい。

【0167】導電膜45を金属膜で構成する場合、その金属としては、特に限定されず、例えば、Cu、Cu系合金、Al、Al系合金、Au、Pt、W、W系合金等が挙げられる。

【0168】導電膜45をポリシリコン膜で構成する場合には、そのポリシリコン膜に所定のドーパントを高濃度にドーパ（注入）し、導電膜45の導電率を向上させるのが好ましい。

【0169】ドーパントとしては、例えば、B、P、As、Al等が挙げられる。また、ドーパントをドーパする方法としては、例えば、イオンインプランテーション等が挙げられる。

【0170】導電膜45（電極451）の厚さは、特に限定されないが、電極451の厚さは、0.05～1μm程度であるのが好ましく、0.1～0.5μm程度であるのがより好ましい。

【0171】＜6＞ダイヤフラム基板4は、ウェハ上に多数（複数）形成され、そのウェハを、例えば、ダイシング等の所定の手段で、各ダイヤフラム基板4ごとに分割（分離）する。

【0172】そして、図26に示すように、前記分割されたダイヤフラム基板4から残っている図25中右側および左側の膜42を除去し、ダイヤフラム基板4を洗浄する。

【0173】膜42の除去は、例えば、ドライエッチング法、ウェットエッチング法等により行うことができる。このようにして、ダイヤフラム基板4が得られる。

【0174】ここで、孔部43およびダイヤフラム40の形状は、特に限定されないが、孔部43の図24中下側の平面視での形状（図2および図24中上側から見たときの形状）、すなわち、ダイヤフラム40の平面視での形状は、略円形であるのが好ましい。

【0175】ダイヤフラム40の平面視での形状を略円形とすることにより、ダイヤフラム40における応力の集中を防止（阻止）することができ、ダイヤフラム40の歪みや破損をより確実に防止することができる。

【0176】また、ダイヤフラム40における応力が均一になるので、コンデンサマイクロホン1へ入射する音波（音圧）の変化をダイヤフラム40全体で検出することができ、応答性や感度が向上する。

【0177】なお、本発明では、必要に応じて、ダイヤフラム基板4に、例えば、増幅回路、昇圧回路等の図示しない所定の回路（集積回路）を形成してもよい。

【0178】また、本発明では、例えば、所定の工程において、前記ウェハに格子状に溝を形成し、その溝において各ダイヤフラム基板4ごとに分割できるようにして

もよい。これにより、ダイシングすることなく、各ダイヤフラム基板4ごとに容易かつ確実に分割することができ、その分割時のダイヤフラム基板4の破損をより確実に防止することができる。

【0179】前記分割用の溝を形成するには、例えば、前記膜42に開口421および422を形成する際に、膜42に、その溝に対応する格子状の開口を形成する。そして、前記第2の基板41をエッチングして孔部43および44を形成するときに、第2の基板41の前記格子状の開口の部分にハーフエッチングする。

【0180】なお、前記第1の工程と前記第2の工程のいずれを先に行ってもよく、また、第1の工程と第2の工程とを並行して（同時に）行ってもよい。

【0181】＜接合工程（第3の工程）＞

＜1＞まず、図27に示すように、バックプレート基板2と、ダイヤフラム基板4との位置合わせを行う。

【0182】この位置合わせでは、図27に示すように、図27中上下方向（縦方向）において、バックプレート20とダイヤフラム40とが対面（一致）し、かつ、バックプレート基板2側のパッド253とダイヤフラム基板4側の孔部44（開口423）とが対面（一致）するように、バックプレート基板2に対するダイヤフラム基板4の相対的な位置や姿勢を調整する。この場合、バックプレート基板2とダイヤフラム基板4のいずれか一方を移動（変位）させてもよく、また、両方を移動（変位）させてもよい。

【0183】＜2＞次に、図示しない未硬化または未乾燥の樹脂（接着剤）を、所定の部位、例えば、バックプレート基板2の絶縁膜27の図27中上側に供給する。

【0184】この樹脂の供給は、例えば、未硬化または未乾燥の樹脂を塗布することにより行うことができる。

【0185】なお、本発明では、樹脂を、ダイヤフラム基板4側に供給してもよく、また、バックプレート基板2とダイヤフラム基板4とのそれぞれに供給してもよい。

【0186】＜3＞次に、バックプレート基板2上に、樹脂を介してダイヤフラム基板4を設置し、それらを貼り合わせる。

【0187】次に、樹脂を硬化または乾燥させる。このようにして、図1および図2に示すように、前記硬化または乾燥した図示しない樹脂により、バックプレート基板2とダイヤフラム基板4とが接合（接着）され、バックプレート20とダイヤフラム40との間には、各音響ホール31および孔部44に連通する中空部（空隙）6が形成され、この中空部6以外の所定領域に、非接触部7が形成される。

【0188】また、前述したように、図1および図2中上下方向（縦方向）において、バックプレート20とダイヤフラム40とが対面（一致）し、かつ、バックプレート基板2側のパッド253とダイヤフラム基板4側の

孔部44（開口423）とが対面（一致）する。

【0189】このように、本バックプレート基板2とダイヤフラム基板4とを接合してコンデンサマイクロホン1を製造するので、中空部6を、容易、確実かつ精度良く形成することができる。

【0190】そして、コンデンサマイクロホン1に、前記非接触部7を設けることにより、コンデンサマイクロホン1におけるダイヤフラム40以外の部分の容量（寄生容量）を減少させることができる。

【0191】これにより、コンデンサマイクロホン1全体の容量に対して、ダイヤフラム40の部分の容量が大きくなり、コンデンサマイクロホン1の感度が向上する。すなわち、ダイヤフラム40の振動による容量の変化を精度良く検出することができる。

【0192】ここで、平面視において（図2中上側から見たとき）、中空部（空隙）を除くコンデンサマイクロホン1に対し、前記非接触部7の占める面積比は、70～90％程度であるのが好ましく、80～90％程度であるのがより好ましい。

【0193】前記非接触部7の占める面積比が前記上限を超えると、絶縁膜27（スペーサ）が細く（幅が小さく）なり、コンデンサマイクロホン1の強度が低下する。

【0194】また、前記非接触部7の占める面積比が前記下限未満であると、前記容量（寄生容量）を減少させる効果が少なくなる。

【0195】次に、バックプレート基板2側のパッド253およびダイヤフラム基板4側のパッド453をそれぞれ、図示しない所定の回路に、例えば、図示しないリード線等で電氣的に接続する。この際、パッド253への接続は、孔部44を介して行う。

【0196】以上のようにして、図1および図2に示すコンデンサマイクロホン1が得られる。

【0197】なお、本発明では、未硬化または未乾燥の樹脂を供給した後に、バックプレート基板2とダイヤフラム基板4との位置合わせを行ってもよい。

【0198】また、本発明では、バックプレート基板2とダイヤフラム基板4との接合は、前記樹脂で接合する方法以外の方法で行ってもよい。

【0199】次に、コンデンサマイクロホン1の作用を説明する。コンデンサマイクロホン1が動作状態にあるときに、そのコンデンサマイクロホン1に音声、すなわち音波が入射すると、その音波（音圧）によりダイヤフラム40が振動する。

【0200】ダイヤフラム40が振動すると、その振幅の大小（大きさ）に応じてダイヤフラム40（電極451）とバックプレート20（電極251）との間の距離が変化し、ダイヤフラム40とバックプレート20とで構成されるコンデンサの静電容量が変化する。

【0201】この静電容量の変化は、電気信号として、

コンデンサマイクロホン1から出力される。すなわち、コンデンサマイクロホン1により、音響信号が電気信号に変換され、出力される。

【0202】以上説明したように、前記コンデンサマイクロホン1およびその製造方法によれば、バックプレート基板2とダイヤフラム基板4とを接合してコンデンサマイクロホン1を製造するので、バックプレート20とダイヤフラム40との間の中空部6を、容易、確実かつ精度良く形成することができる。

【0203】また、コンデンサマイクロホン1に非接触部7を設けることにより、コンデンサマイクロホン1におけるダイヤフラム40以外の部分の容量（寄生容量）を減少させることができる。

【0204】これにより、コンデンサマイクロホン1全体の容量に対して、ダイヤフラム40の部分の容量が大きくなり、コンデンサマイクロホン1の感度が向上する。

【0205】また、第1の基板21に凹部212を設けることにより、前記ダイヤフラム40以外の部分の容量をさらに減少させることができ、コンデンサマイクロホン1の感度がさらに向上する。

【0206】また、バックプレート20の音響ホール31の形成において、ドライエッチング法、特にDeep RIE（ICP）を用いることにより、多数の音響ホール31を、容易、確実かつ精度良く形成することができる。これにより、エアダンピングの影響を低減または防止することができる。

【0207】このため、コンデンサマイクロホン1は、優れた特性（機械的特性や音響的特性）を有する。

【0208】また、コンデンサマイクロホン1を半導体の製造プロセス（特に、マイクロマシニング）で形成することができる。このため、容易に、精密に（精度良く）加工することができ、生産性が高く、量産に有利であり、また、小型化にも有利である。

【0209】また、バックプレート基板2またはダイヤフラム基板4と、コンデンサマイクロホン1の周辺回路とを同一基板上に形成（一体化）することができる。

【0210】次に、本発明のコンデンサマイクロホンの製造方法およびコンデンサマイクロホンの第2実施形態について説明する。

【0211】図28は、本発明のコンデンサマイクロホンの第2実施形態を示す縦断面図である。

【0212】以下、第2実施形態について、前述した第1実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

【0213】同図に示すように、第2実施形態のコンデンサマイクロホン1では、第1基板21に凹部212が設けられておらず、絶縁膜27の開口272により、非接触部7が構成されている。

【0214】この他の構造、作用、製造方法は、前述し

た第1実施形態と同様であるので、その説明を省略する。

【0215】この第2実施形態のコンデンサマイクロホン1およびその製造方法によれば、前述した第1実施形態と同様の効果が得られる。

【0216】次に、本発明のコンデンサマイクロホンの製造方法およびコンデンサマイクロホンの第3実施形態について説明する。

【0217】図29は、本発明のコンデンサマイクロホンの第3実施形態を示す縦断面図である。

【0218】以下、第3実施形態について、前述した第2実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

【0219】同図に示すように、第3実施形態のコンデンサマイクロホン1では、ダイヤフラム基板4の膜42に開口424が形成されており、この膜42の開口424（膜42の無い部分）により、非接触部7が構成されている。

【0220】前記膜42の開口424の形成は、例えば、前述した第1実施形態における絶縁膜27の開口272の形成と同様に行うことができる。

【0221】この他の構造、作用、製造方法は、前述した第2実施形態と同様であるので、その説明を省略する。

【0222】この第3実施形態のコンデンサマイクロホン1およびその製造方法によれば、前述した第2実施形態と同様の効果が得られる。

【0223】なお、本発明では、この第3実施形態において、前記第2実施形態のように、バックプレート基板2の絶縁膜27に開口272を形成してもよい。この場合には、膜42の開口424と、絶縁膜27の開口272とで、非接触部7が構成される。

【0224】また、本発明では、この第3実施形態において、前記第1実施形態のように、バックプレート基板2の絶縁膜27に開口272を形成し、さらに、第1の基板21に凹部212を形成してもよい。この場合には、膜42の開口424と、絶縁膜27の開口272と、凹部212とで、非接触部7が構成される。

【0225】次に、本発明のコンデンサマイクロホンの製造方法およびコンデンサマイクロホンの第4実施形態について説明する。

【0226】図30は、本発明のコンデンサマイクロホンの第4実施形態を示す縦断面図である。

【0227】以下、第4実施形態について、前述した第3実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

【0228】同図に示すように、第4実施形態のコンデンサマイクロホン1では、ダイヤフラム基板4の膜42に開口424が形成され、さらに、第2の基板41のバックプレート基板2との接合面側に凹部411が形成さ

れており、この膜42の開口424（膜42の無い部分）と、凹部411とにより、非接触部7が構成されている。

【0229】前記膜42の開口424の形成は、例えば、前述した第1実施形態における絶縁膜27の開口272の形成と同様に行うことができる。

【0230】また、前記第2の基板41の凹部411の形成は、例えば、前述した第1実施形態における第1の基板21の凹部212の形成と同様に行うことができる。

【0231】この他の構造、作用、製造方法は、前述した第2実施形態と同様であるので、その説明を省略する。

【0232】この第4実施形態のコンデンサマイクロホン1およびその製造方法によれば、前述した第3実施形態と同様の効果が得られる。

【0233】そして、この第4実施形態では、第2の基板41に凹部411を設けることにより、コンデンサマイクロホン1のダイヤフラム40以外の部分の容量をさらに減少させることができ、コンデンサマイクロホン1の感度がさらに向上する。

【0234】なお、本発明では、この第4実施形態において、前記第2実施形態のように、バックプレート基板2の絶縁膜27に開口272を形成してもよい。この場合には、膜42の開口424と、絶縁膜27の開口272と、凹部411とで、非接触部7が構成される。

【0235】また、本発明では、この第4実施形態において、前記第1実施形態のように、バックプレート基板2の絶縁膜27に開口272を形成し、さらに、第1の基板21に凹部212を形成してもよい。この場合には、膜42の開口424と、凹部411と、絶縁膜27の開口272と、凹部212とで、非接触部7が構成される。

【0236】前述した各コンデンサマイクロホン1は、それぞれ、各種の電子機器（電子装置）に組込んで用いることができる。

【0237】次に、本発明の電子機器を補聴器に適用した場合の実施形態について説明する。

【0238】図31は、本発明の電子機器を補聴器に適用した場合の実施形態、すなわち、図1および図2に示すコンデンサマイクロホン1を備えた補聴器の実施形態を示す斜視図である。

【0239】同図に示すように、補聴器（電子機器）100は、開口120が形成されたケーシング（外装部材）110を有している。

【0240】このケーシング110内には、前述した図1および図2に示すコンデンサマイクロホン1と、図示しないスピーカと、これらコンデンサマイクロホン1およびスピーカに電気的に接続された図示しない所定の電気回路とが、それぞれ設置されている。

【0241】コンデンサマイクロホン1は、第2の基板41が音源方向に向き、かつ、その第2の基板41の孔部43、すなわちダイヤフラム40が開口120の位置に位置するように配置されている。

【0242】次に、補聴器100の作用を説明する。前述したように、音源からの音声（音圧）は、コンデンサマイクロホン1により、電気信号に変換される。

【0243】この電気信号は、電気回路で信号処理され、スピーカに入力され、スピーカで再び音声に変換されて、出力される。

【0244】これにより、補聴器100の使用者は、音源からの音声を容易かつ確実に聞き取ることができる。

【0245】以上説明したように、この補聴器100は、前述したコンデンサマイクロホン1を内蔵しているので、非常に良好な性能を有する。

【0246】なお、前記補聴器100のコンデンサマイクロホン1を、図28、図29および図30に示すコンデンサマイクロホン1のいずれかに変更してもよい。

【0247】また、本発明は、前述した補聴器に限らず、この他、例えば、携帯電話（PHSを含む）、テレビ電話、電話や、これら携帯電話、テレビ電話および電話等の音声入力装置等、マイクロホンを有するあらゆる電子機器に適用することができる。

【0248】以上、本発明のコンデンサマイクロホンの製造方法、コンデンサマイクロホンおよび電子機器を、図示の各実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれらに限定されるものではなく、各部の構成は、同様の機能を有する任意の構成のものに置換することができる。

【0249】また、本発明は、前記各実施形態のうちの、任意の2以上の構成（特徴）を組み合わせたものであってもよい。

【0250】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、バックプレート基板とダイヤフラム基板とを接合してコンデンサマイクロホンを製造するので、電極間の中空部（空隙）を、容易、確実かつ精度良く形成することができる。

【0251】また、非接触部を設けることにより、コンデンサマイクロホンにおけるダイヤフラム以外の部分の容量（寄生容量）を減少させることができる。

【0252】これにより、コンデンサマイクロホン全体の容量に対して、ダイヤフラムの部分の容量が大きくなり、コンデンサマイクロホンの感度が向上する。

【0253】また、前記非接触部の少なくとも一部が、第1の半導体基板および／または第2の半導体基板に設けられた凹部で構成されている場合には、コンデンサマイクロホンのダイヤフラム以外の部分の容量をさらに減少させることができ、コンデンサマイクロホンの感度がさらに向上する。

【0254】このように、本発明では、高性能、すなわ

ち、優れた機械的特性や音響的特性を有するコンデンサマイクロホンが得られる。

【0255】また、本発明では、コンデンサマイクロホンを容易に製造することができ、生産性が高く、量産に有利であり、また、小型化にも有利である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明のコンデンサマイクロホンの第1実施形態を示す断面斜視図である。

【図2】 本発明のコンデンサマイクロホンの第1実施形態を示す縦断面図である。

【図3】 図1および図2に示すコンデンサマイクロホンのバックプレート基板の平面図である。

【図4】 図1および図2に示すコンデンサマイクロホンの製造方法を説明するための図（縦断面図）である。

【図5】 図1および図2に示すコンデンサマイクロホンの製造方法を説明するための図（縦断面図）である。

【図6】 図1および図2に示すコンデンサマイクロホンの製造方法を説明するための図（縦断面図）である。

【図7】 図1および図2に示すコンデンサマイクロホンの製造方法を説明するための図（縦断面図）である。

【図8】 図1および図2に示すコンデンサマイクロホンの製造方法を説明するための図（縦断面図）である。

【図9】 図1および図2に示すコンデンサマイクロホンの製造方法を説明するための図（縦断面図）である。

【図10】 図1および図2に示すコンデンサマイクロホンの製造方法を説明するための図（縦断面図）である。

【図11】 図1および図2に示すコンデンサマイクロホンの製造方法を説明するための図（縦断面図）である。

【図12】 図1および図2に示すコンデンサマイクロホンの製造方法を説明するための図（縦断面図）である。

【図13】 図1および図2に示すコンデンサマイクロホンの製造方法を説明するための図（縦断面図）である。

【図14】 図1および図2に示すコンデンサマイクロホンの製造方法を説明するための図（縦断面図）である。

【図15】 図1および図2に示すコンデンサマイクロホンの製造方法を説明するための図（縦断面図）である。

【図16】 図1および図2に示すコンデンサマイクロホンの製造方法を説明するための図（縦断面図）である。

【図17】 図1および図2に示すコンデンサマイクロホンの製造方法を説明するための図（縦断面図）である。

【図18】 図1および図2に示すコンデンサマイクロホンの製造方法を説明するための図（縦断面図）であ

る。

【図19】 図1および図2に示すコンデンサマイクロホンの製造方法を説明するための図（縦断面図）である。

【図20】 図1および図2に示すコンデンサマイクロホンの製造方法を説明するための図（縦断面図）である。

【図21】 図1および図2に示すコンデンサマイクロホンの製造方法を説明するための図（縦断面図）である。

【図22】 図1および図2に示すコンデンサマイクロホンの製造方法を説明するための図（縦断面図）である。

【図23】 図1および図2に示すコンデンサマイクロホンの製造方法を説明するための図（縦断面図）である。

【図24】 図1および図2に示すコンデンサマイクロホンの製造方法を説明するための図（縦断面図）である。

【図25】 図1および図2に示すコンデンサマイクロホンの製造方法を説明するための図（縦断面図）である。

【図26】 図1および図2に示すコンデンサマイクロホンの製造方法を説明するための図（縦断面図）である。

【図27】 図1および図2に示すコンデンサマイクロホンの製造方法を説明するための図（縦断面図）である。

【図28】 本発明のコンデンサマイクロホンの第2実施形態を示す縦断面図である。

【図29】 本発明のコンデンサマイクロホンの第3実施形態を示す縦断面図である。

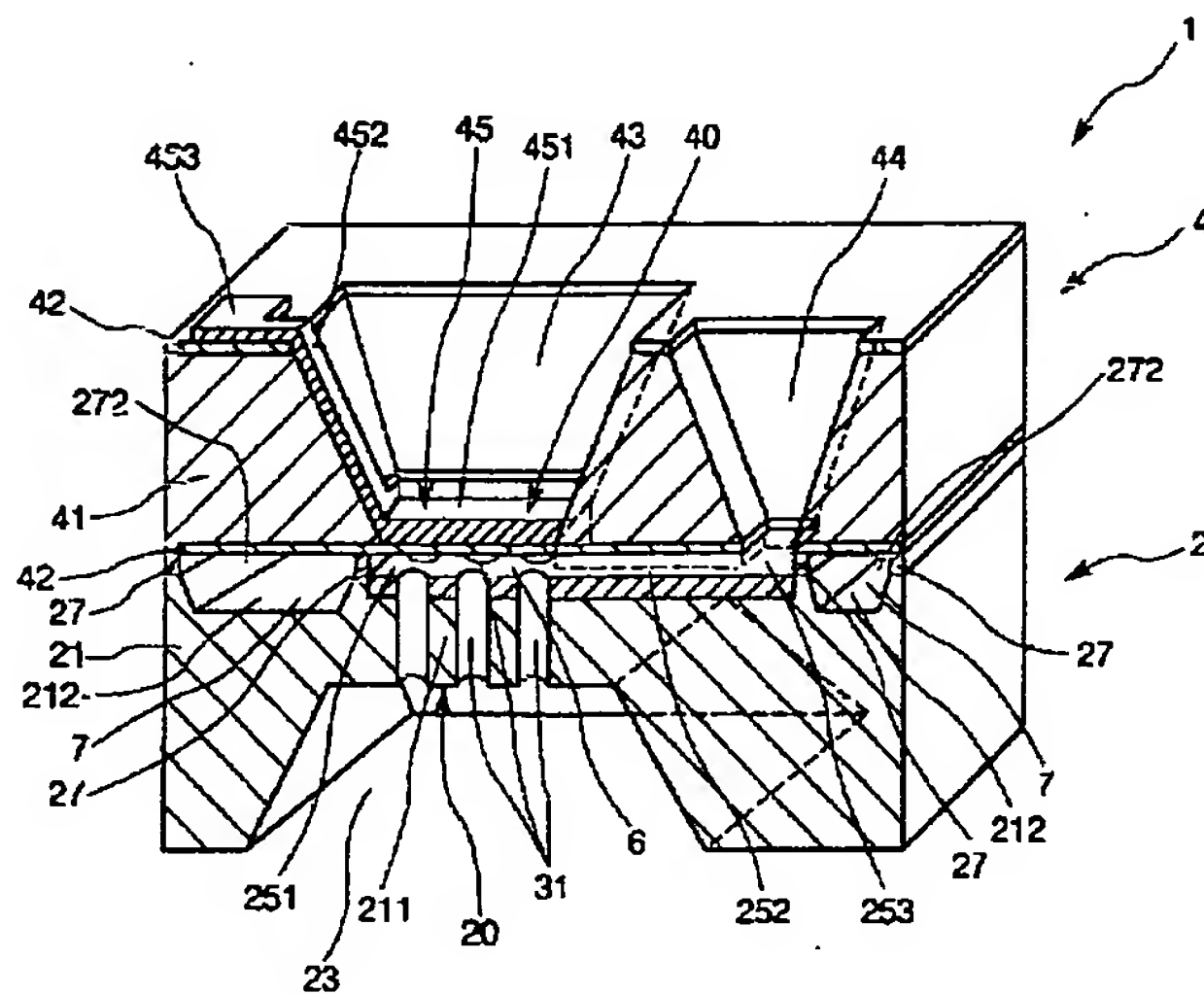
【図30】 本発明のコンデンサマイクロホンの第4実施形態を示す縦断面図である。

【図31】 本発明の電子機器を補聴器に適用した場合の実施形態を示す斜視図である。

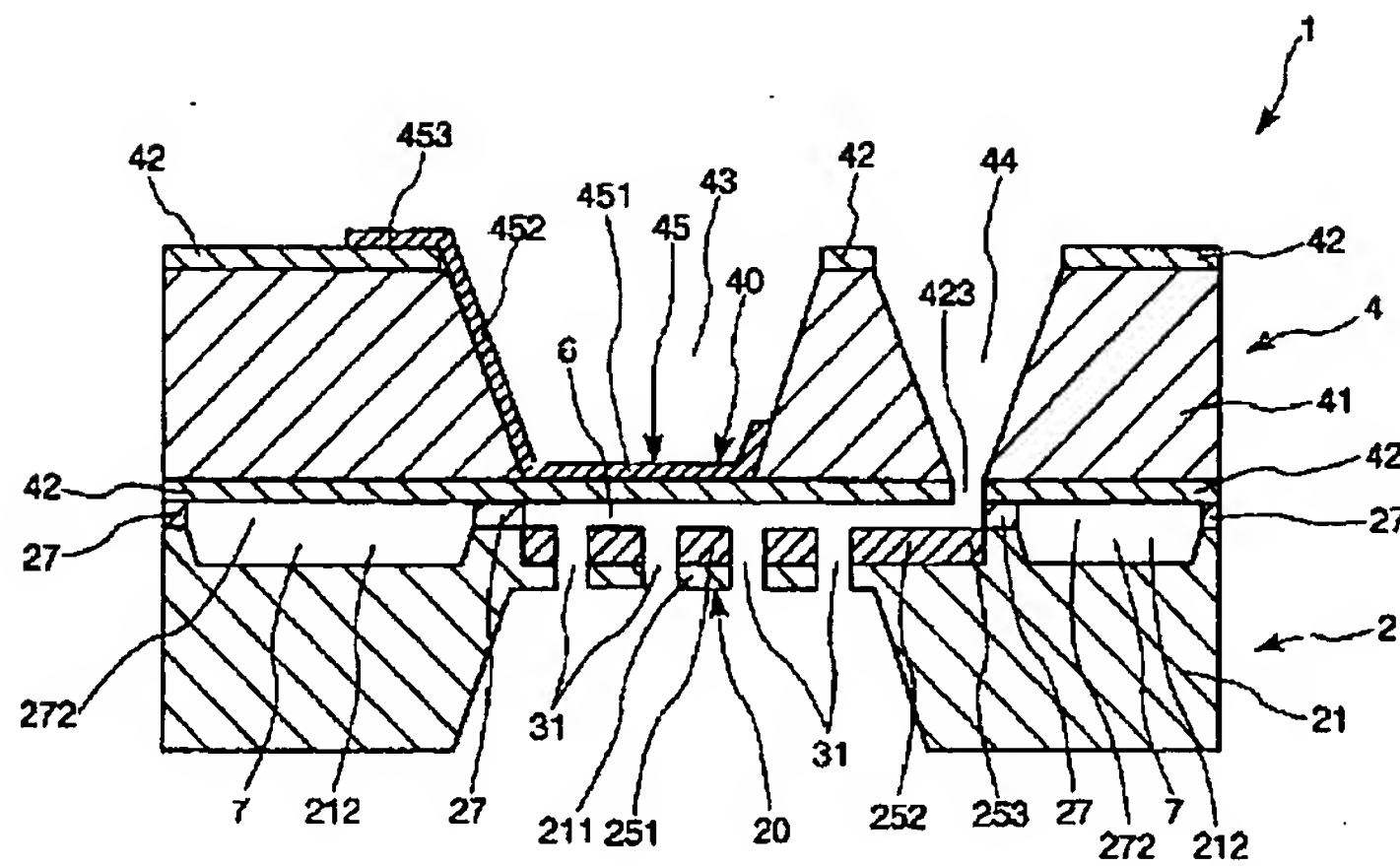
【符号の説明】

1 コンデンサマイクロホン、2 バックプレート基板、20 バックプレート、21 第1の基板、211 薄肉部、212 凹部、22 膜、221 開口、23 凹部、24 膜、241 開口、251 電極、252 配線、253 パッド、26 膜、261 開口、27 絶縁膜、271、272 開口、28 マスク、281、282 開口、29 保護膜、31 音響ホール、32 膜、4 ダイヤフラム基板、40 ダイヤフラム、41 第2の基板、411 凹部、42 膜、421～424 開口、43、44 孔部、45 導電膜、451 電極、452 配線、453 パッド、6 中空部、7 非接触部、100 補聴器、110 ケーシング、120 開口

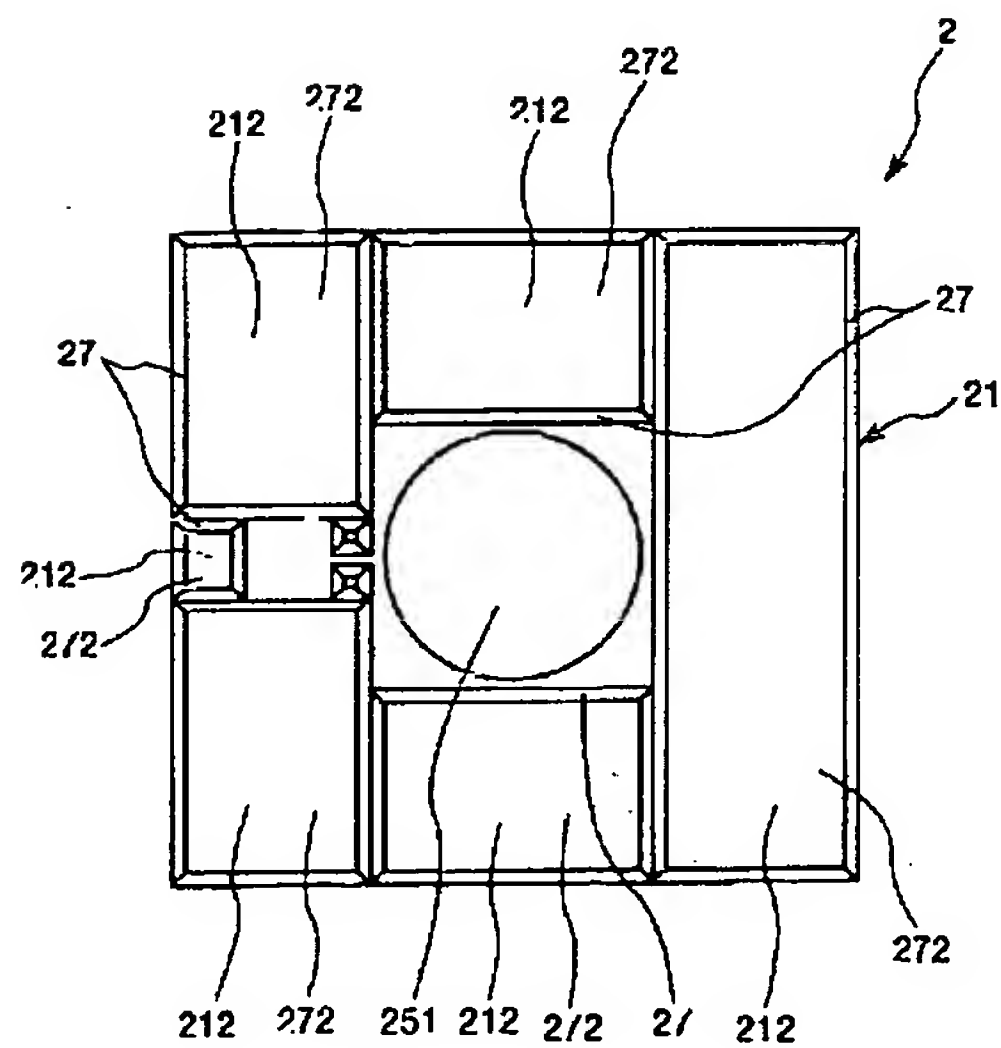
【図1】



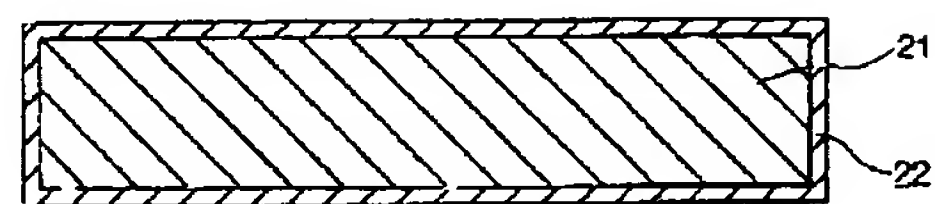
【圖2】



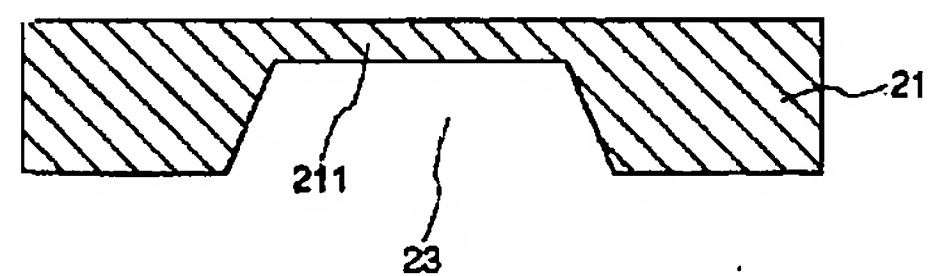
【圖3】



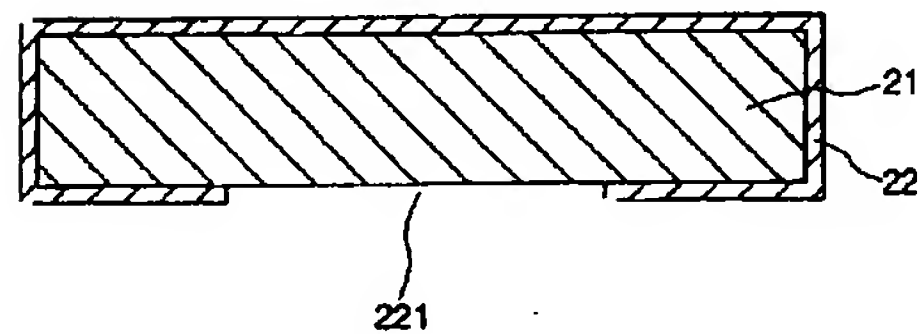
【圖4】



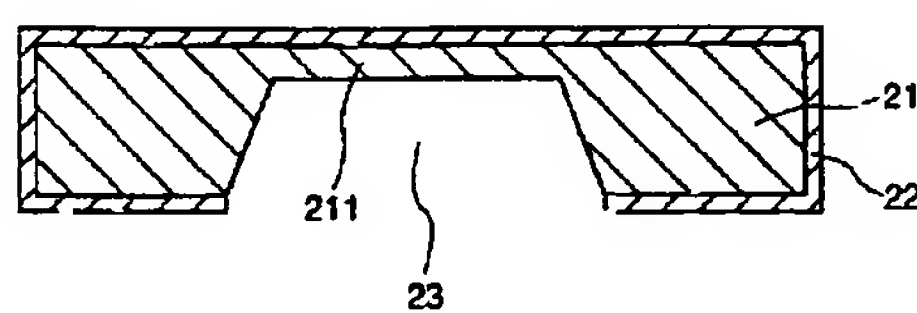
【圖7】



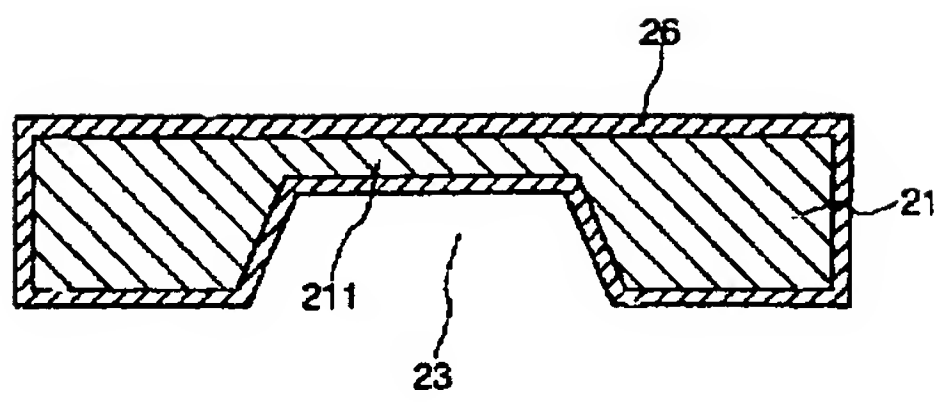
【圖5】



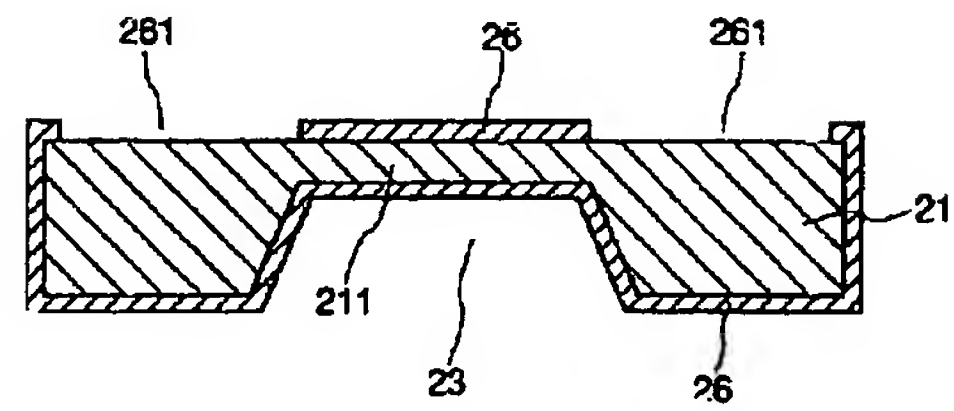
【圖6】



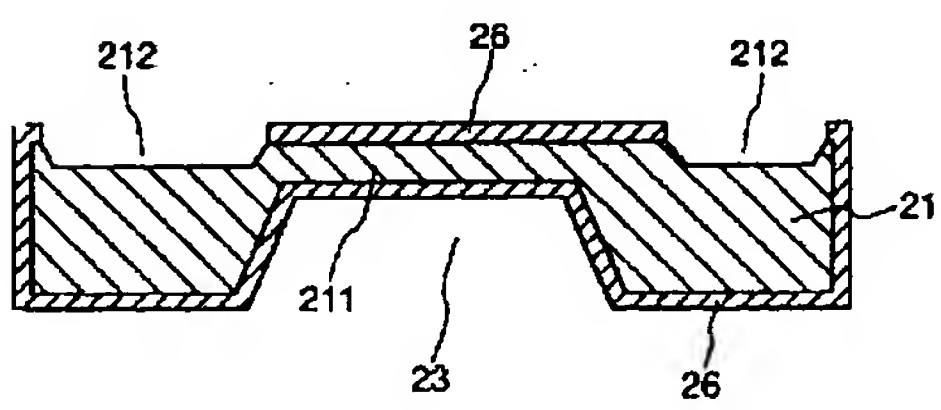
【図8】



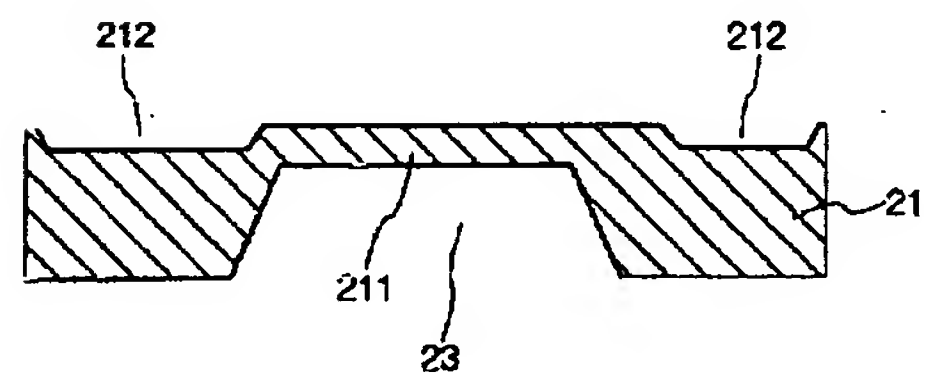
【図9】



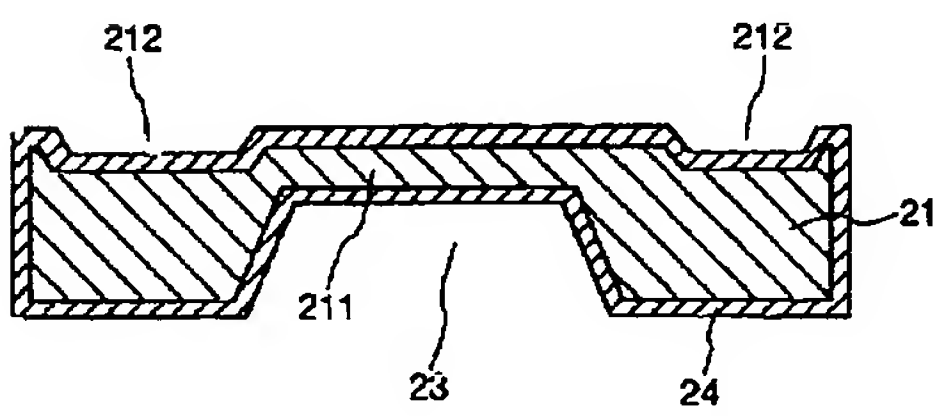
【図10】



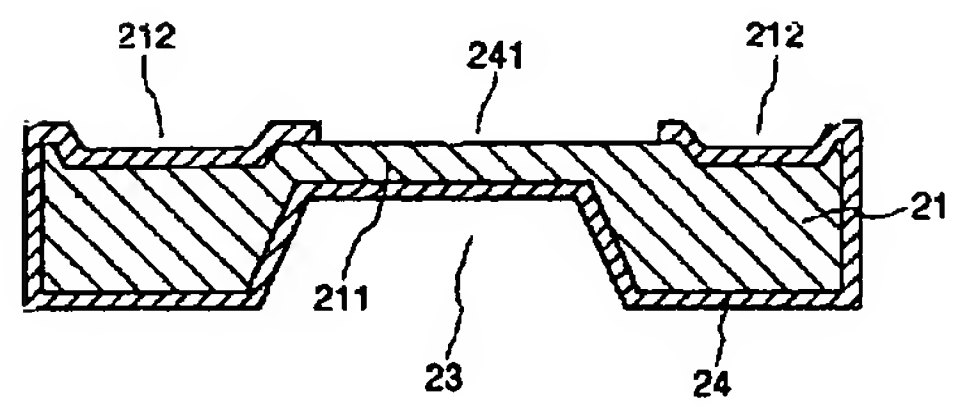
【図11】



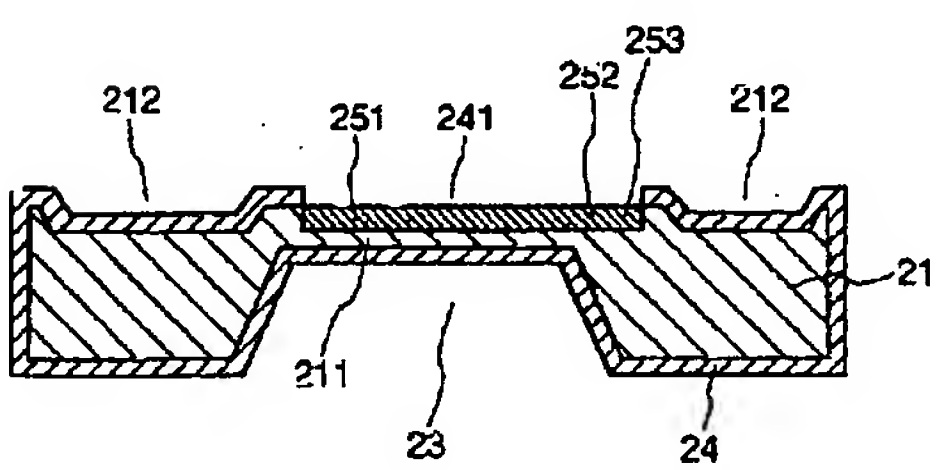
【図12】



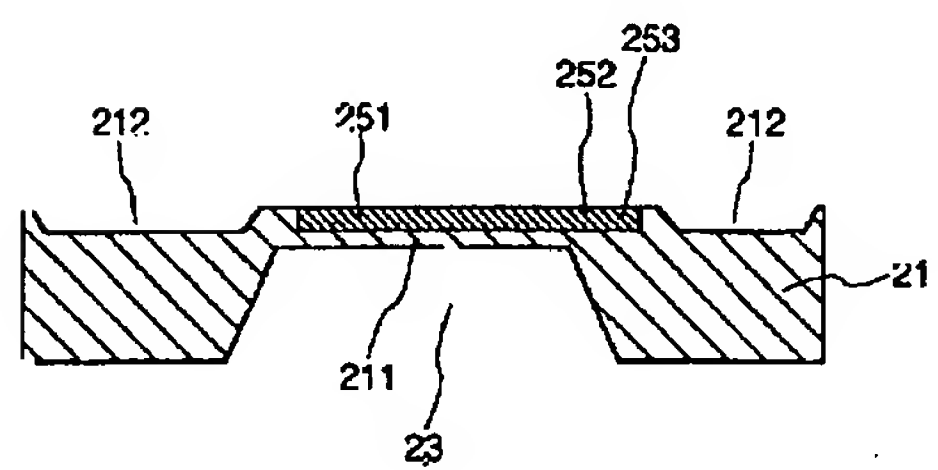
【図13】



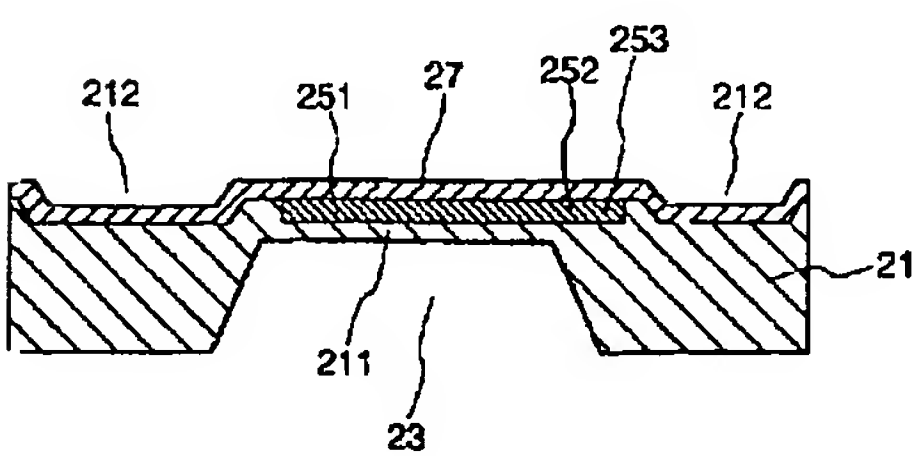
【図14】



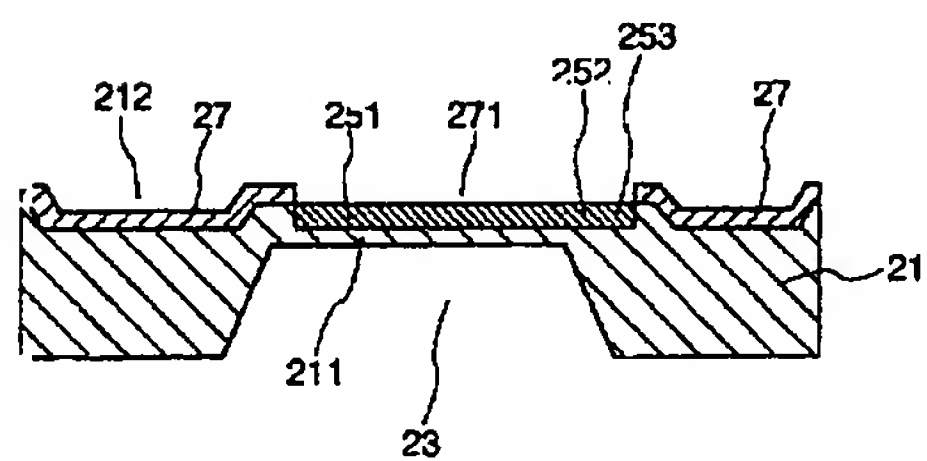
【図15】



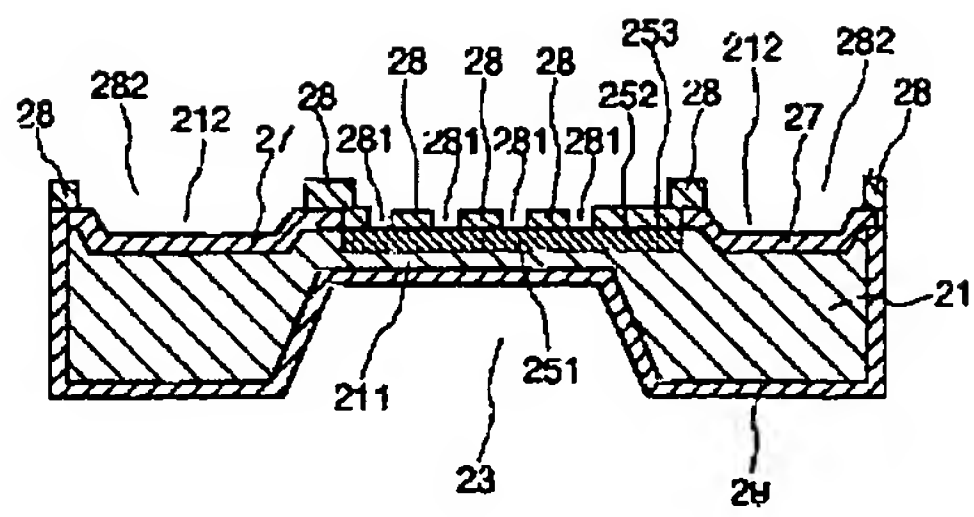
【図16】



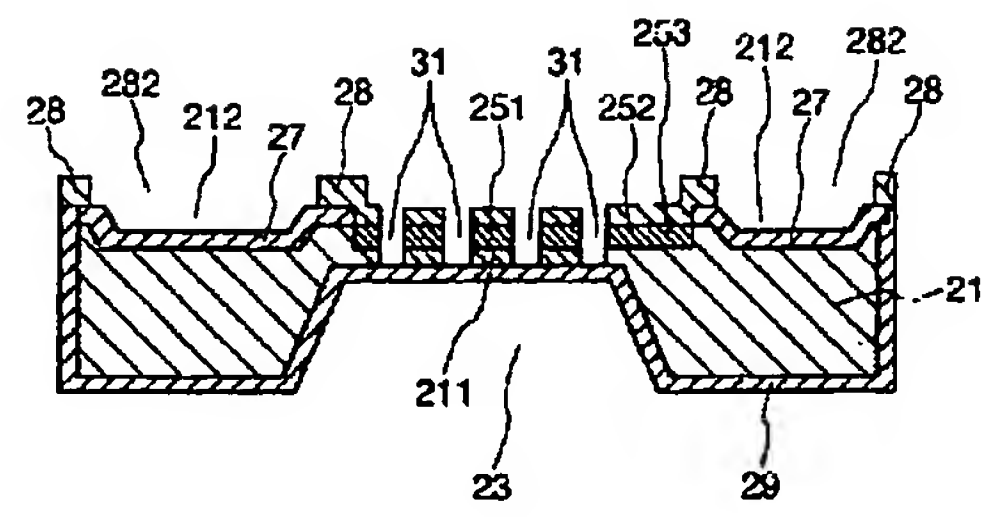
【図17】



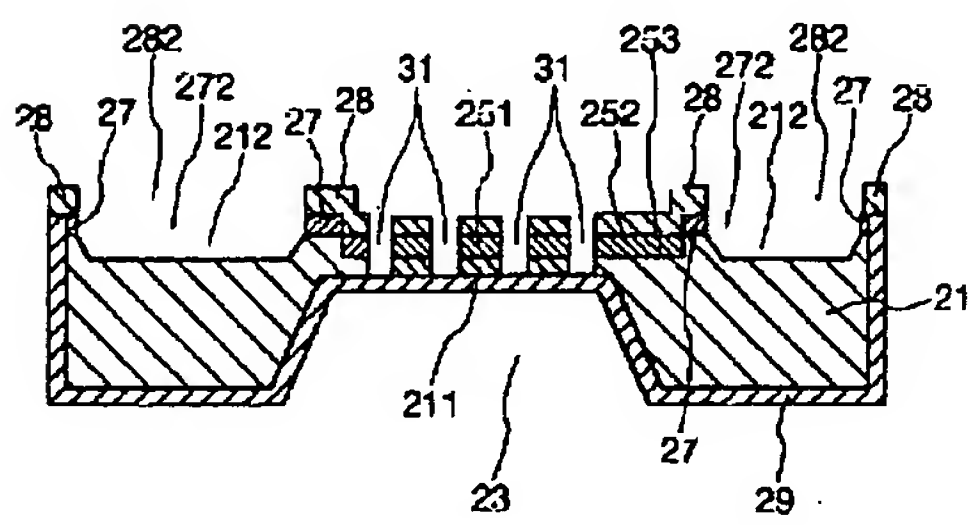
【図18】



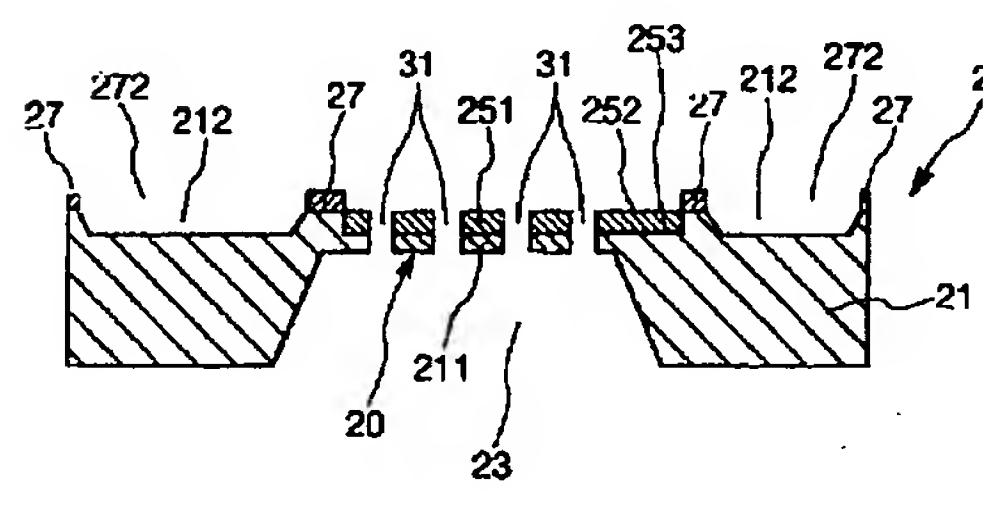
【図19】



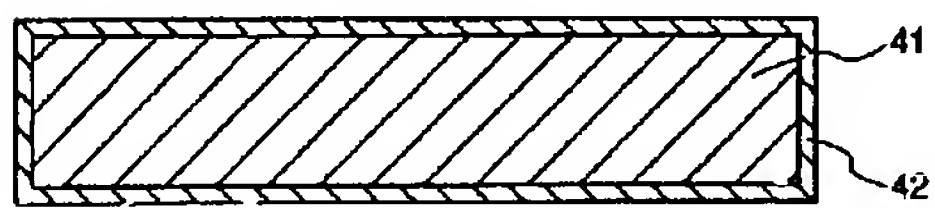
【図20】



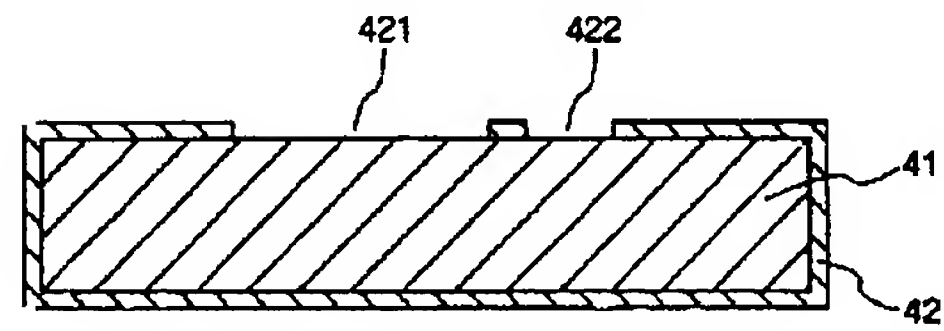
【図21】



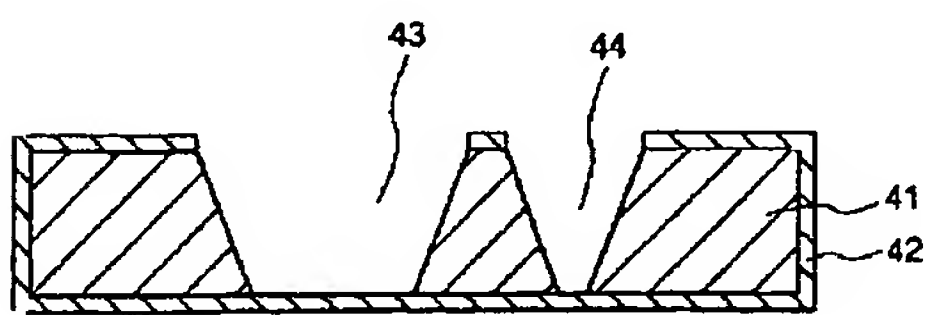
【图22】



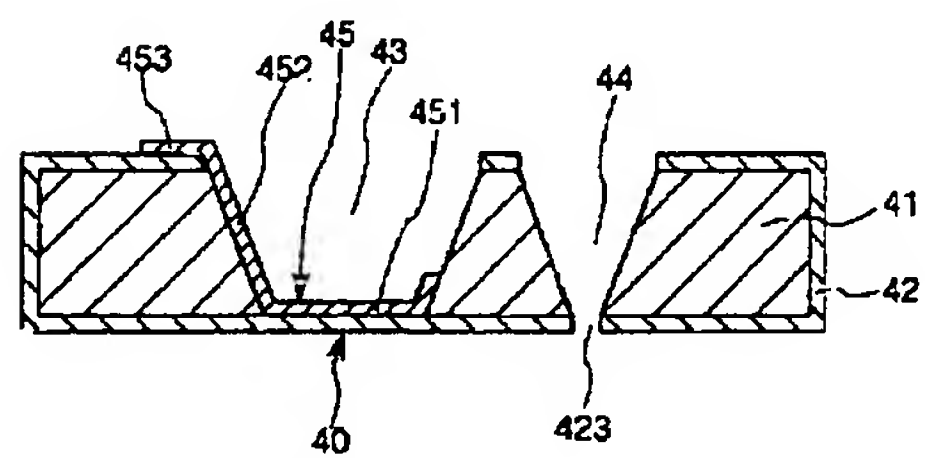
【図23】



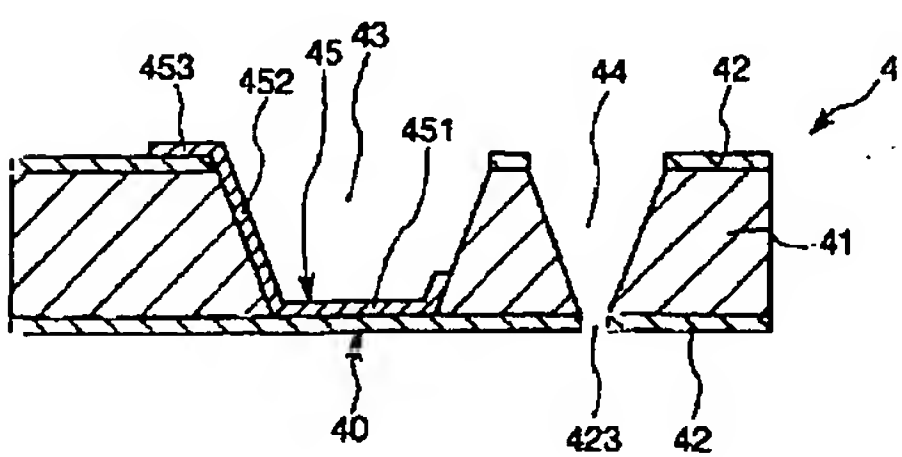
【图24】



【图25】



【例 26】



【图 27】

